

# VESIHALLITUKSEN MONISTESARJA

1981:60

1. VUORILAMMEN TUTKIMUS

2. SADEVESIVIEMÄREISTÄ TULEVAN  
VEDEN LAADUSTA

Tuula Rissanen



1981:60

1. VUORILAMMEN TUTKIMUS
2. SADEVESIVIEMÄREISTÄ TULEVAN  
VEDEN LAADUSTA

Tuula Rissanen

**VESIHALLITUKSEN  
KIRJASTO**

Kuopion vesipiirin vesitoimisto

Kuopio 1981



# SISÄLLYSLUETTELO

sivu

## VUORILAMMEN TUTKIMUS

1	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimusalue	1
1.2	Tutkimuksen tarkoitus	1
2	AINEISTO JA MENETELMÄT	1
2.1	Vesinäytteet	1
2.2	Lämpötilamittaukset	1
2.3	Perustuotantotutkimukset	2
2.4	BHK-koe in situ -menetelmällä	2
2.5	Koekalastus	3
3	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	3
3.1	Vesinäytteet	3
3.1.1	Lämpötila	3
3.1.2	Happi	5
3.1.3	Rauta	6
3.1.4	Fosfori	7
3.1.5	Typpi	7
3.1.6	KHT	8
3.1.7	Sameus	8
3.1.8	Väri	9
3.1.9	pH	9
3.1.10	Alkaliniteetti	10
3.1.11	Ominais sähköjohtavuus	10
3.2	Perustuotantotutkimukset	11
3.3	BHK-koe in situ -menetelmällä	12
3.4	Koekalastus	13
4	VUORILAMMEN TILA	14
5	TIIVISTELMÄ	15



## 1 J O H D A N T O

### 1.1 TUTKIMUSALUE

Vuorilampi, joka on Kuopion vesipiirin vesitoimiston tutkimuskohteeksi valittu ns. edustava lampi, sijaitsee Kuopion kaupungin alueella Neulaniemessä Suuren Neulamäen lounaispuolella. Lammen pinta-ala on 0,33 ha ja sen syvin kohta, 8,8 m, sijaitsee lammen pohjoispäässä (kuva 1). Vuorilampi kapenee ja samalla mataloituu lasku-uomaansa päin, jonka välityksellä se on yhteydessä Kolmisopen lampeen (kuva 2).

Lammen valuma-alue on Kuopion korkeakoulun ekologisia tutkimuksia varten varattu, joten se säilynee melko koskemattomana.

### 1.2 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tutkimuksen tarkoituksena on ollut kartoittaa kemiallis-fysikaalisten ja biokemiallisten tutkimusten avulla lammen tilaa ja biologista tuotantoa.

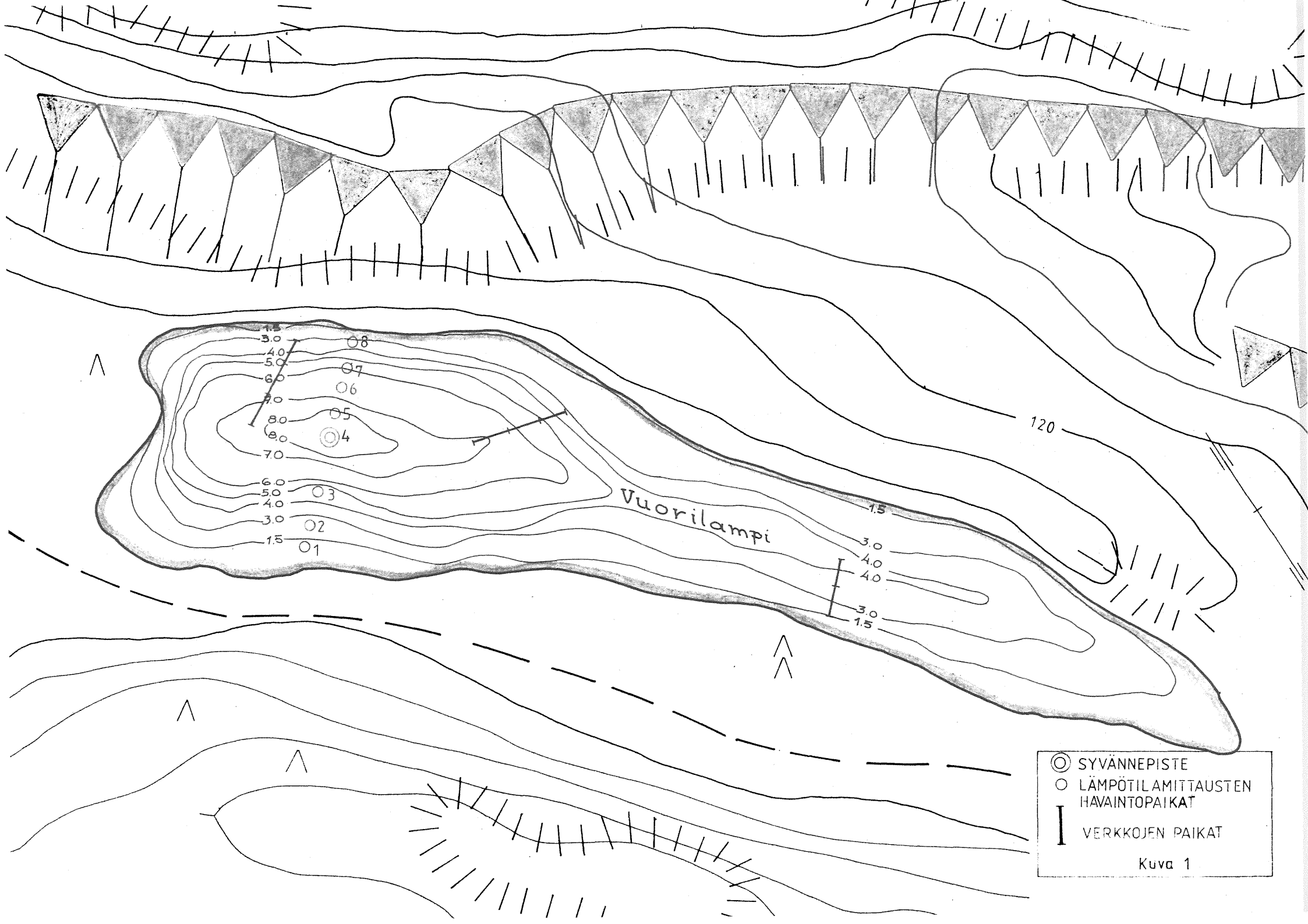
## 2 A I N E I S T O J A M E N E T E L M Ä T

### 2.1 VESINÄYTTEET

Vesinäytteitä on otettu marraskuusta 1974 lähtien noin kerran kuukaudessa vuoteen 1978 saakka ja noin kuusi kertaa vuodessa vuoteen 1981 saakka vertikaalinäytteinä lammen syvännepisteestä. Analyysit on tehty vesihallituksen käyttämien menetelmien mukaan.

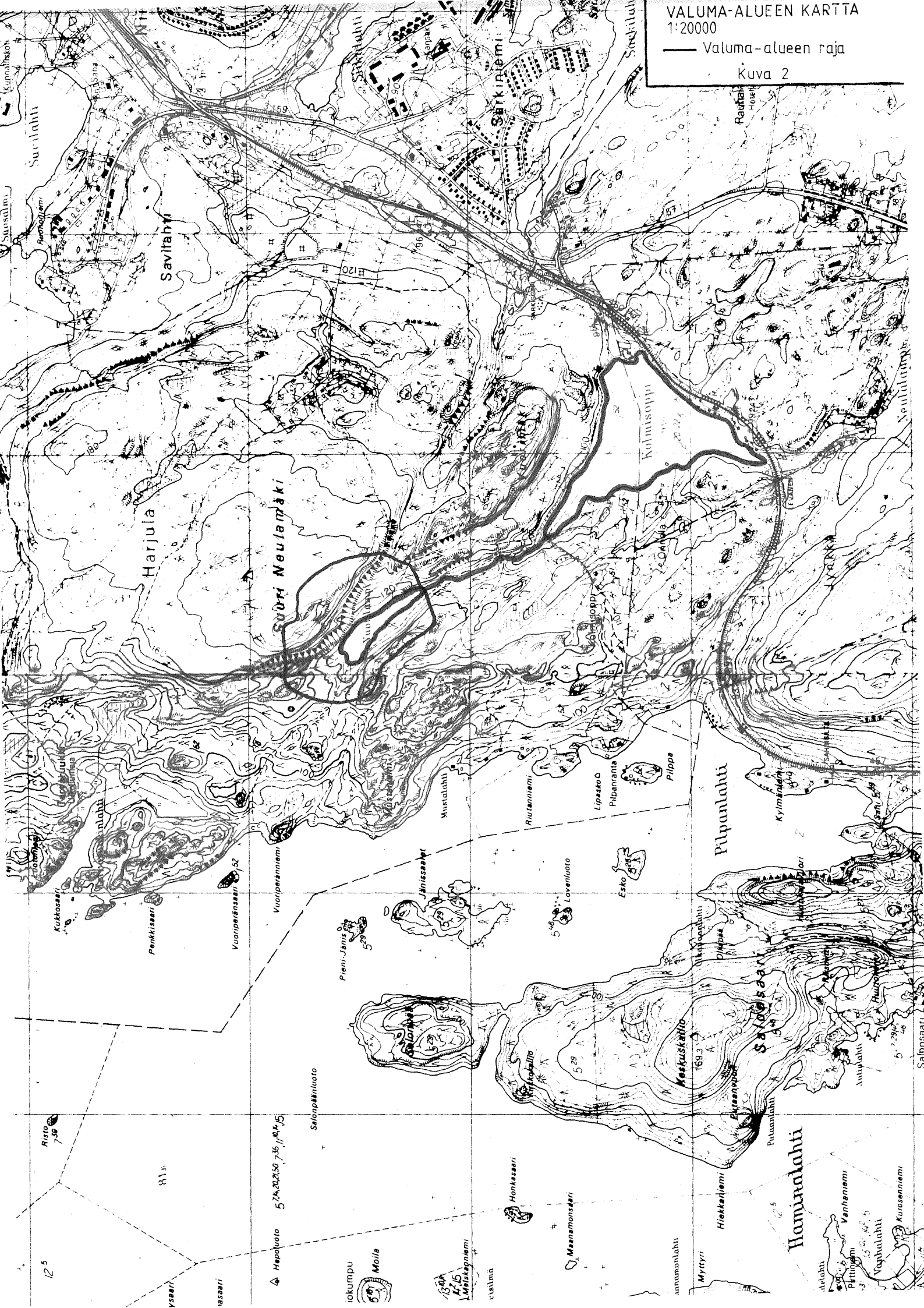
### 2.2 LÄMPÖTILAMITTAUKSET

Lammen talvisten lämpötilojen selvittämiseksi suoritettiin lämpötilamittauksia Vuorilammessa. Havaintopisteitä oli yhteensä kahdeksan kappaletta ja ne sijaitsivat syvännepisteen



Kuva 1





kautta kulkevalla lounais-koillis -linjalla (kuva 1). Pisteiden syvyydet olivat seuraavat: 1. 0,7 m, 2. 2,2 m. 3. 4,7 m. 4. 8,8 m, 5. 8,4 m, 6. 7,8 m, 7. 5,9 m ja 8. 3,5 m. Mittauskertoja oli yhteensä 16 31.10.1977 - 16.5.1978 välisenä aikana. Lämpötilat mitattiin vertikaalisesti 1 m välein ja lisäksi aivan pohjasta.

### 2.3 PERUSTUOTANTOTUTKIMUKSET

Lammen perustuotannon selvittämiseksi suoritettiin lammen syvännepisteellä 20. - 21.7.1976 perustuotantotutkimus, jolloin näytteet otettiin vuorokauden aikana neljän tunnin välein 0 - 4 m patsaasta putkinoutimella. Näytteet inkuboitiin perustuotantokaapissa.

Vuonna 1977 perustuotanto mitattiin kesä-, heinä- ja elokuussa samasta näytteenottopaikasta kuin edellisenä vuonna. Näytteet otettiin Ruttner-tyyppisellä vedennoutimella neljänä nostona 0,5, 1, 3, 6 ja 7,6 m syvyyksistä. Näytteet inkuboitiin sekä perustuotantokaapissa että in situ -menetelmällä lammessa.

### 2.4 BHK-KOE IN SITU -MENETELMÄLLÄ

Tutkimus suoritettiin Vuorilammen syvännepisteen ollessa tutkimuspaikkana 9.1. - 7.4.1975 välisenä aikana. Näytevesinä käytettiin neljänlaista vettä:

- 1 Vuorilammesta 1 m pinnasta otettu näyte, jonka laimennussuhteena oli 4:1 (neljä osaa lammen ja yksi osa tislattua vettä).
- 2 Vuorilammesta 1 m pohjasta otettu näyte, laimennussuhteena 4:1.
- 3 Päivärannan jätevedenpuhdistamolle tulevasta jätevedestä tehty laimennus, suhteena 1:50 (yksi osa jätevettä ja loput tislattua vettä).

- 4 Päivärannan jätevedestä tehty toinen laimennus, suhteena 1:100.

Mainituista neljästä laimennoksesta ripustettiin yksi pullo kutakin näytettä 1, 3, 6 ja 8 m syvyyksiin. Pullot oli peitetty alumiinifoliolla. Näytevesistä sekä näytteenottopaikan vedestä 1, 3, 6 ja 7,8 m syvyydestä määritettiin happipitoisuus ennen ja jälkeen koetta. Kokeen alkaessa määritettiin näytteenottopaikan vedestä 1 m pinnasta ja 1 m pohjasta BHK<sub>7</sub>. Lisäksi seurattiin kokeen kuluessa lämpötilaa lammessa jokaisessa näytesyvyydessä kahden viikon välein.

## 2.5 KOEKALASTUS

Lammen kalaston koostumuksen ja suuruuden selvittämiseksi suoritettiin koekalastus 29. - 30.8.1977 käyttämällä koeverkkosarjaa, johon kuuluu silmäharvuksiltaan 12, 15, 20, 25, 35, 45, 60 ja 75 mm:n verkot. Verkkojen paikat on esitetty kuvassa 1. Verkot laskettiin iltapäivällä ja ne koettiin seuraavana aamuna. Saatu saalis punnittiin lajeittain ja laskettiin saaliskalojen lukumäärä. Lisäksi mitattiin yksilöiden pituudet ja painot, määritettiin kalojen sukupuoli ja otettiin somu- yms. näytteet (metapterygoideum hauelta, operculum ahvenelta) iänmäärittystä varten. Ahvenia saatiin saaliiksi niin paljon, että ahvensaaliista yksilökohtaisia määrityksiä varten otettiin 10 kpl otos.

## 3 T U L O K S E T J A T U L O S T E N T A R K A S - T E L U

### 3.1 VESINÄYTTEET

#### 3.1.1 L ä m p ö t i l a

Lämpötilahavaintojen tuloksia vuosilta 1974-1981 esitetään käyrinä kuvassa 3.

Vuorilammen veden lämpötila pysyy eri vesikerroksissa talvien aikana lähes muuttumattomana. Välittömästi jään alla

vallitsevasta lämpötilasta lähtien lämpötila nousee ensin melko jyrkästi. Näin 6 m syvyydestä alkaen nousu on vähäistä.

Lammen suojaisten sijainnin vuoksi tuuli ei pääse sekoittamaan vesikerroksia ja kevättäyskierto voi jäädä heikoksi, mikä ilmenee siten, ettei koko vesipatsas ole ollut tasalämpöinen kiertoajan havainnoissa.

Kesien aikana päällysveden lämpötila vaihtelee ilman lämpötilojen mukaan. Muuten eri vesikerrosten lämpötilat pysyivät suhteellisen muuttumattomina. Syksyisin koko vesipatsaan lämpötilat olivat lähes samat syystäyskierron ansiosta.

Korkein lämpötila mitattiin heinäkuussa 1976 1 m pinnasta ( $20,8^{\circ}\text{C}$ ).

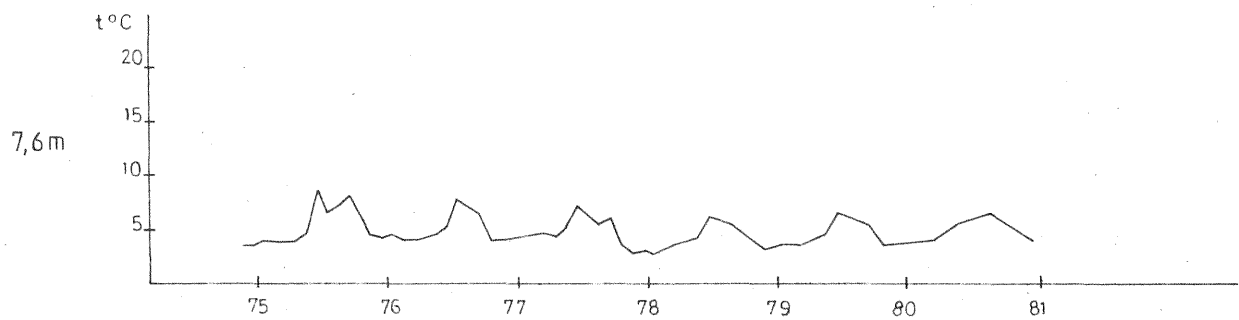
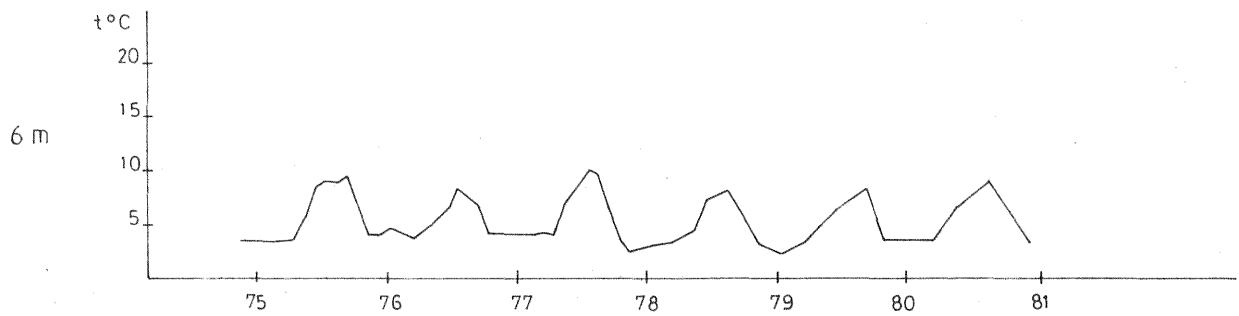
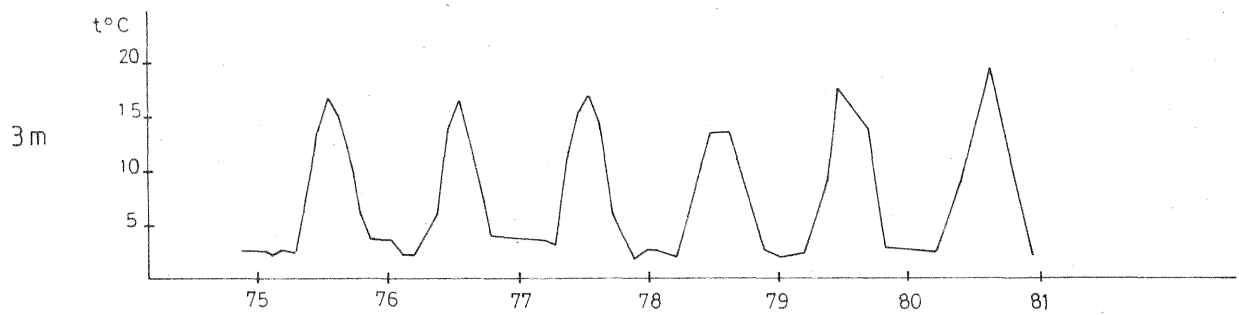
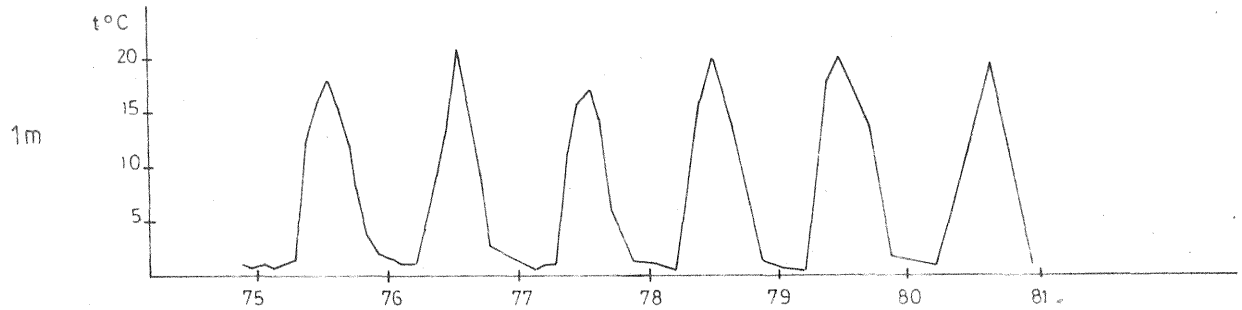
Lämpötilamittausten tulokset Vuorilammessa talvella 1977-78 esitetään kuvissa 4-6. Ensimmäisellä havaintokerralla lampi oli riitteessä lukuunottamatta lammen pohjoispäätä ja Neulamäen puolta. Tällöin oli havaittavissa lievää talvikerrostuneisuutta, jolloin kevyempi kylmä vesi kerrostuu raskaamman lämpöisemmän veden päälle. Lämpötilat vaihtelivat tällöin  $2,4^{\circ}\text{C}$  -  $3,5^{\circ}\text{C}$  välillä.

Toisella havaintokerralla lampi oli kokonaan sula. Vesi oli sekoittunut täysin. Tiheyserot  $0^{\circ}\text{C}$  ja  $+4^{\circ}\text{C}$  välillä ovat pienet ja heikkokin tuuli pystyi näin ollen sekoittamaan koko vesimassan.

Seuraavalla havaintokerralla, jolloin lampi ei ollut vielä jäässä, oli heikko talvikerrostuneisuus taas havaittavissa.

Lammen jäädyttyä kerrostuneisuus selveni ja lämpötila eri vesikerroksissa läpi talven pysyi käytännöllisesti katsoen muuttumattomana. Alkutalvella 1 m pinnasta havaituissa lämpötiloissa oli jonkin verran vaihteluja.

LÄMPÖTILA VUORILAMMESSA 1,3,6 JA 7,6 METRISSÄ  
ERI VUODENAIKAINA VV. 1974 - 1980



Kevättalvella pinnan lämpötila sulamisvesistä johtuen nousi. 1 m pinnasta havaittujen lämpötilojen keskiarvo 17.3.1978 oli  $+0,3^{\circ}\text{C}$ , kun taas vastaavasti 28.4.1978 se oli  $+1,8^{\circ}\text{C}$ . Sulamisvesien lämmittävästä vaikutuksesta nousi lämpötila jonkin verran muissakin vesikerroksissa. Ennen kaikkea tämä oli havaittavissa toiseksi viimeisellä havaintokerralla. Tällöin 3 m:stä ja 6 m:stä mitatut lämpötilat olivat melko lähellä pohjan lämpötilaa, vaikkakin kerrostuneisuus oli havaittavissa. Pohjan lämpötiloissa tapahtunut lievä kohoaminen johtui ilmeisesti paitsi edellä mainittujen sulamisvesien vaikutuksesta myös sedimentissä olevan orgaanisen aineksen hajotustoiminnasta. Pohjan lämpötiloista syvännepisteen (8,8 m) lämpötila oli aina korkein. Sedimentin lämmittämä ohut vesikerros pyrki ilmeisesti raskaimpana valumaan syvään teeseen. Alhaisimmillaan pohjan lämpötilat olivat lammessa aina linjan lounaispäässä, missä lampi pohjan muodoltaan on matalampi kuin koillispää.

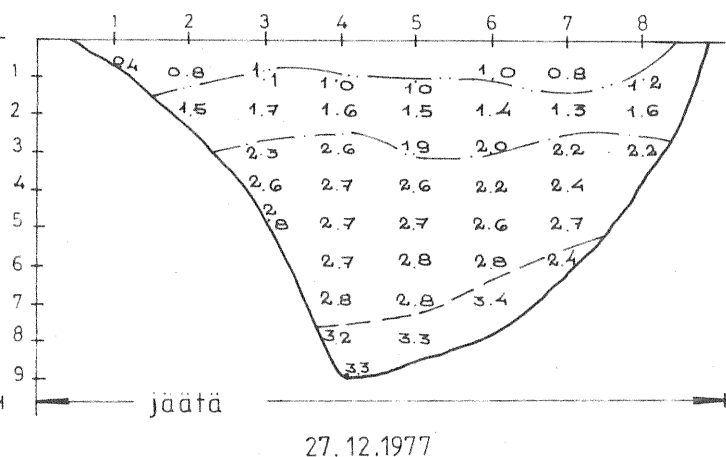
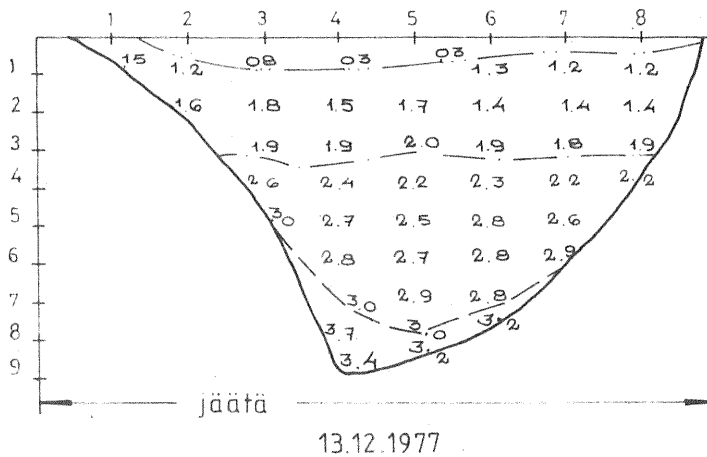
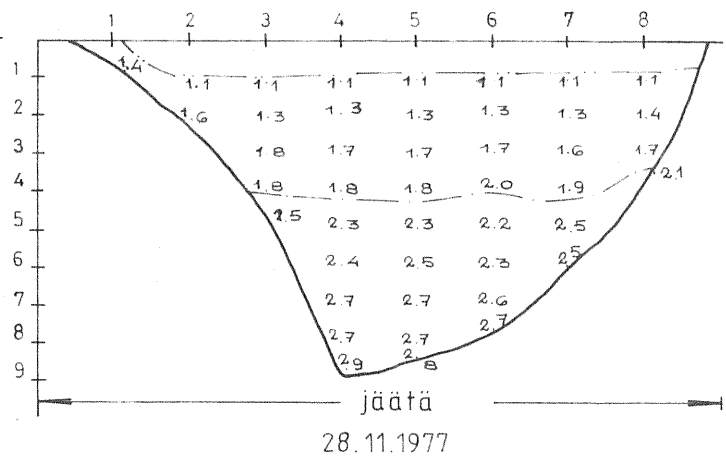
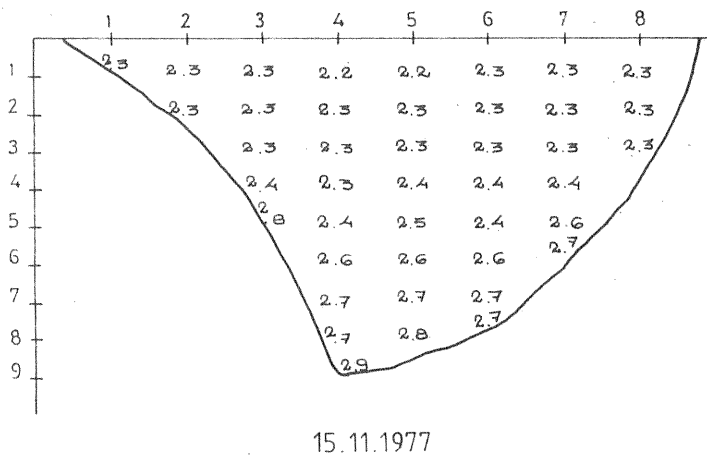
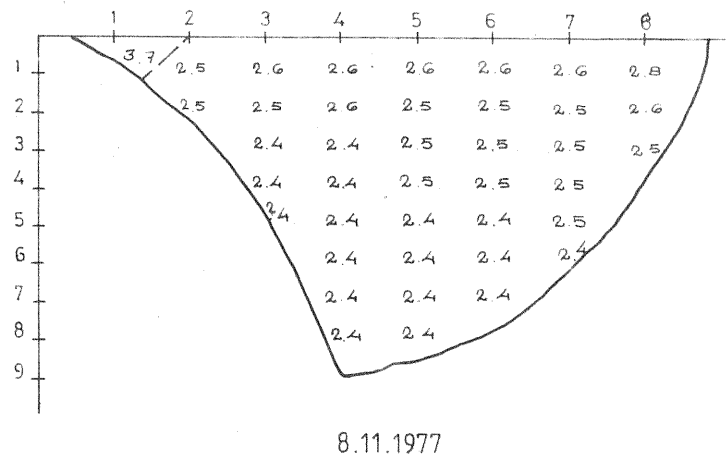
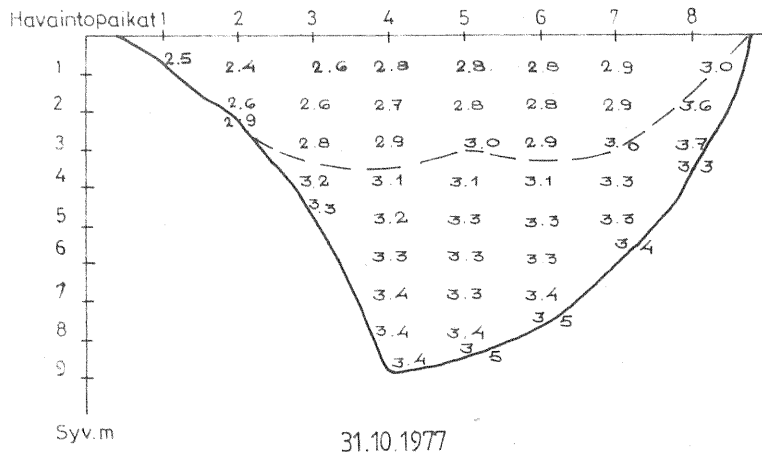
Viimeisellä havaintokerralla jääpeite oli sulanut lammesta Neulamäen puolelta havaintopisteeseen 3 saakka. Lämpötilat olivat jään alla selvästi nousseet, mutta talvikerrostuneisuus oli kääntynyt alkavaksi kesäkerrostuneisuudeksi, jolloin lämpötila laski syvyyden kasvaessa.

### 3.1.2 H a p p i

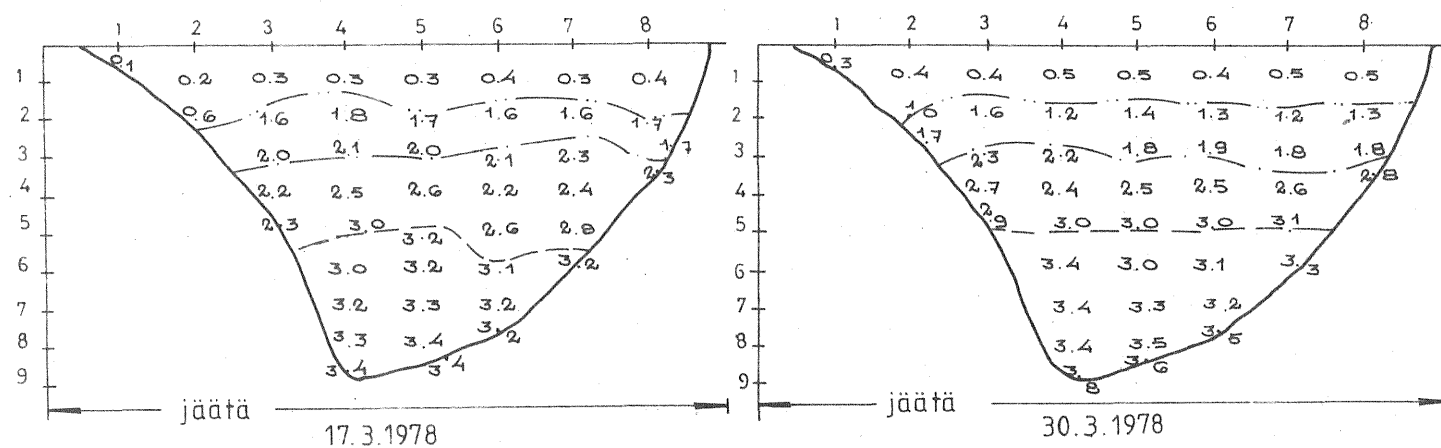
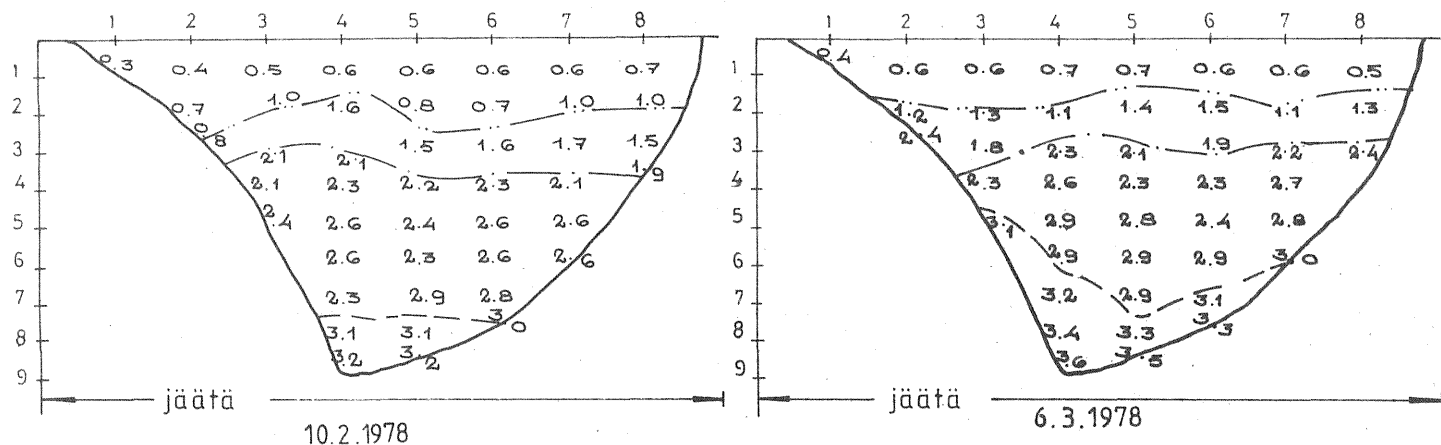
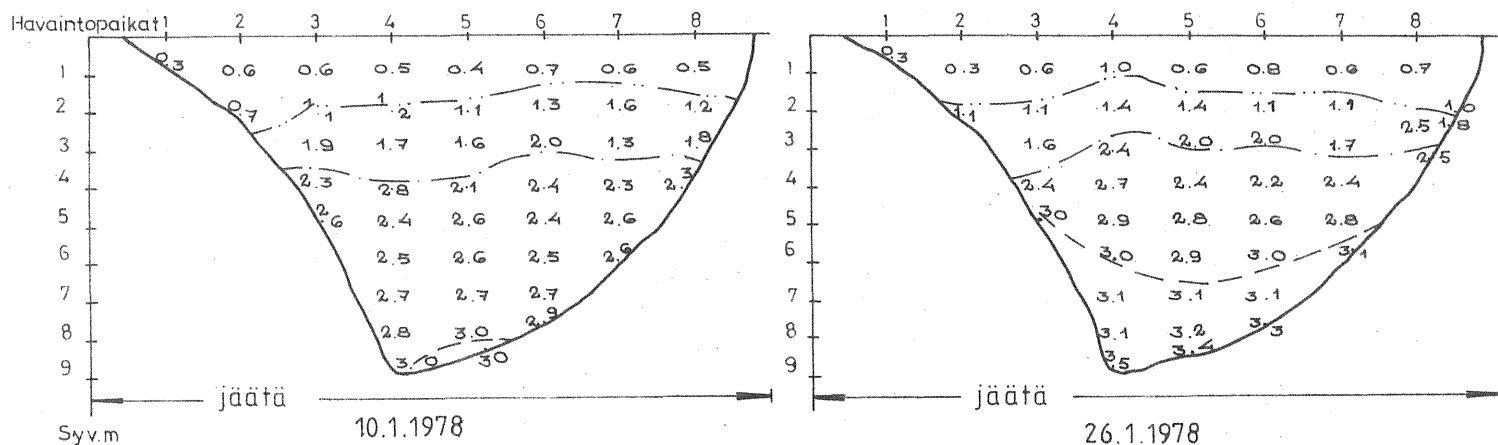
Happipitoisuuden vaihtelut Vuorilammessa eri vuodenaikoina esitetään käyrinä kuvassa 7.

Talvisin happipitoisuus on pohjan lähellä alhainen. Kevättalvisin happipitoisuus laskee kaikissa vesikerroksissa.

Kevätkiertojen aikana vesikerrokset eivät ole sekoittuneet täydellisesti. Myöhemmin kesäkerrostuneuksien aikana alusvesi on ollut hapetonta. Kesäisin happipitoisuuden kehittyminen näyttää noudattavan talvisen kehityksen suuntausta. Assimilaation ja ilmasta liukenevan hapen ansiosta päällysveden ja väliveden happipitoisuudet ovat olleet hyvät koko avovesikauden.

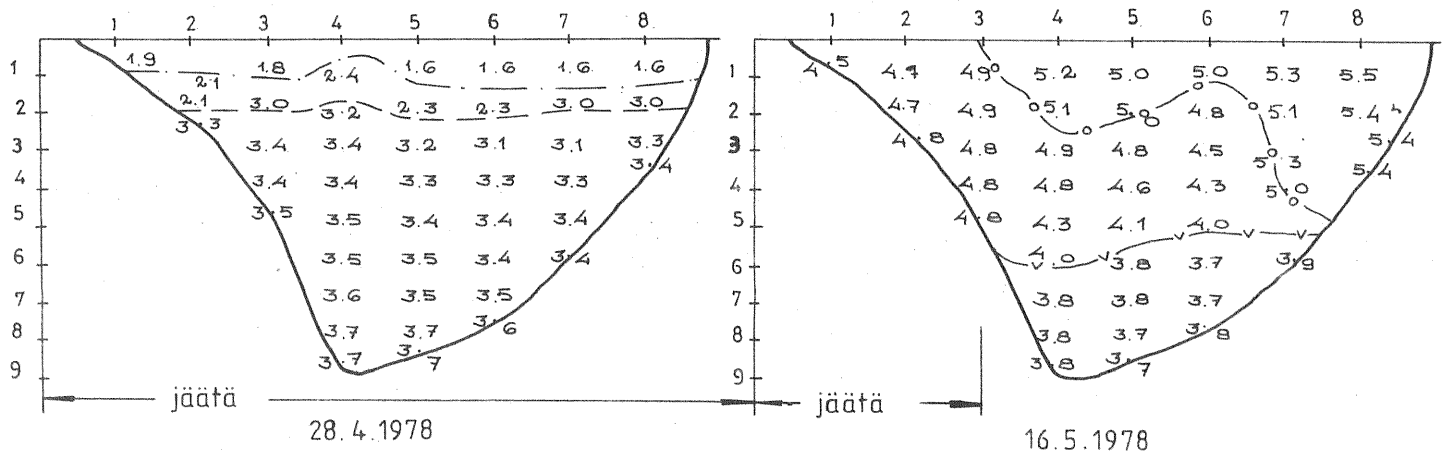
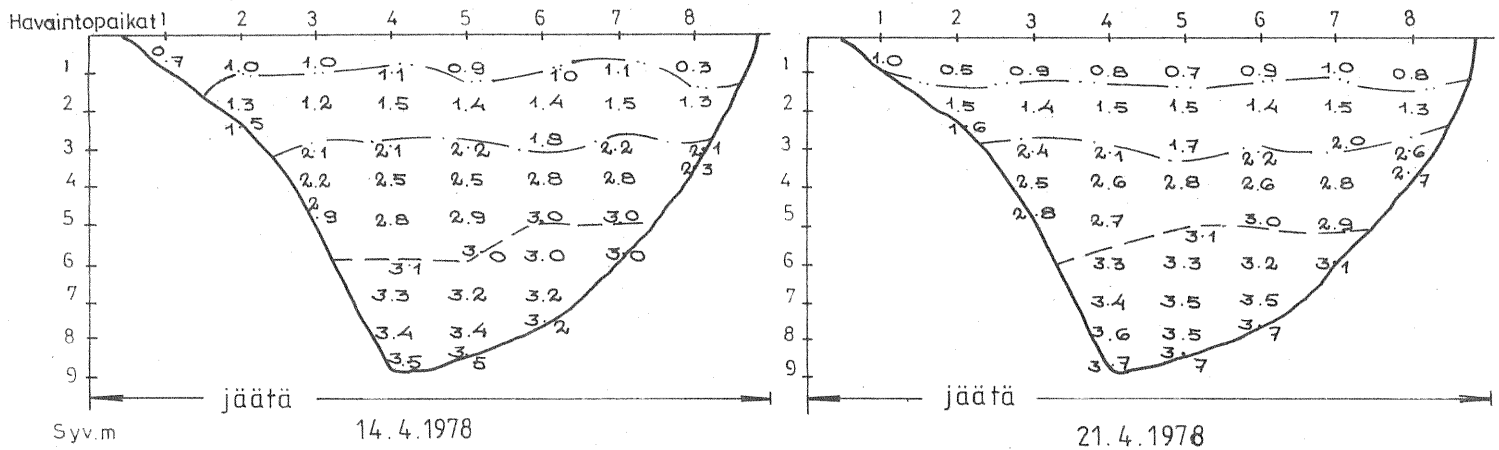


— — — — — = 1°C  
 - - - - - = 2°C  
 - - - - - = 3°C  
 - v - v - = 4°C  
 - o - o - = 5°C



— — — — — = 1°C  
 - - - - - = 2°C  
 - - - - - = 3°C  
 - v - v - = 4°C  
 - o - o - = 5°C





— — — — = 1° C  
 - - - - - = 2° C  
 - - - - - = 3° C  
 - v - v - = 4° C  
 - o - o - = 5° C

Syystäyskiertojen yhteydessä happipitoisuus on ollut koko vesipatsaassa lähes sama.

Suurin happipitoisuus havaittiin kesäkuussa 1978 1 m pinnasta 109 kyll.%. Heikoimmillaan happitilanne on ollut kesä- ja talvikerrosteisuuksien aikana.

### 3.1.3 R a u t a

Rautapitoisuuden vaihtelut Vuorilammessa eri vuodenaikoina esitetään käyrinä kuvassa 8.

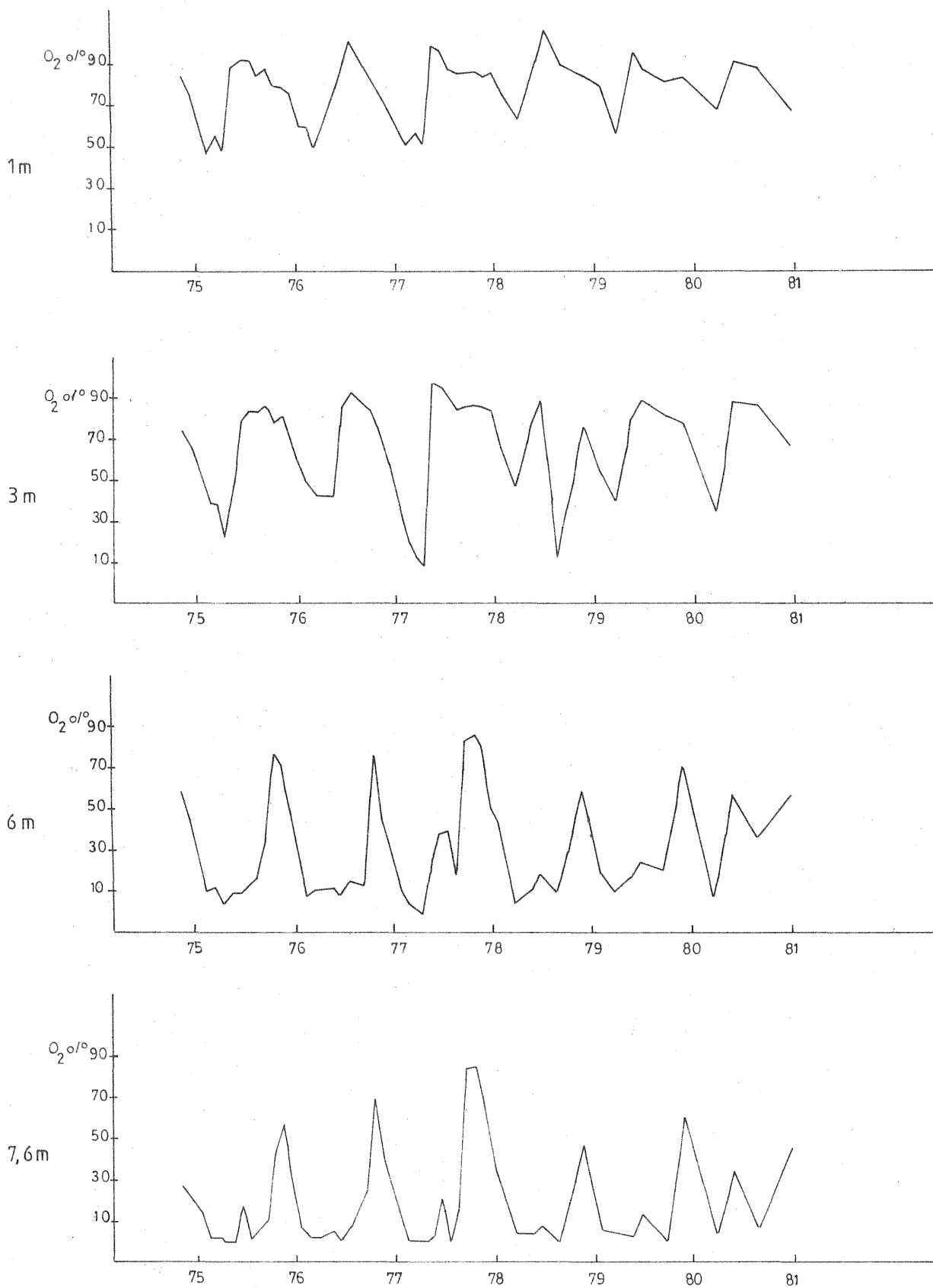
Talvisin kerrostuneisuuden vallitessa veden rautapitoisuus pysyy 1 m ja 3 m syvyyksillä suhteellisen muuttumattomana, mutta 6 m:ssä ja 7,6 m:ssä rautapitoisuus nousee kevättalvisin. Osaksi kevättäyskiertojen aikaisen vesikerrosten sekoittamattomuuden vuoksi arvot kesien aikana alus- ja välivedessä olivat korkeat. Happitilanteen heikkenemisen seurauksena enin osa raudasta on liuenneena pohjan lähistöllä. Päällisveden Fe-pitoisuus vastaavasti laskee hieman talvisista arvoista.

Syyskiertojen aikana, jolloin vesimassojen sekoittumisen johdosta happipitoisuus pohjallakin kasvaa, saostuu rauta ferrohydroksidiksi ja alkaa laskeutua pohjalle. Sieltä se liukenee taas veteen seuraavana kerrostuneisuuskautena happipitoisuuden laskiessa. Tämän vuoksi rautapitoisuus syksyisin laskee, ollen kaikissa vesikerroksissa kutakuinkin samaa luokkaa.

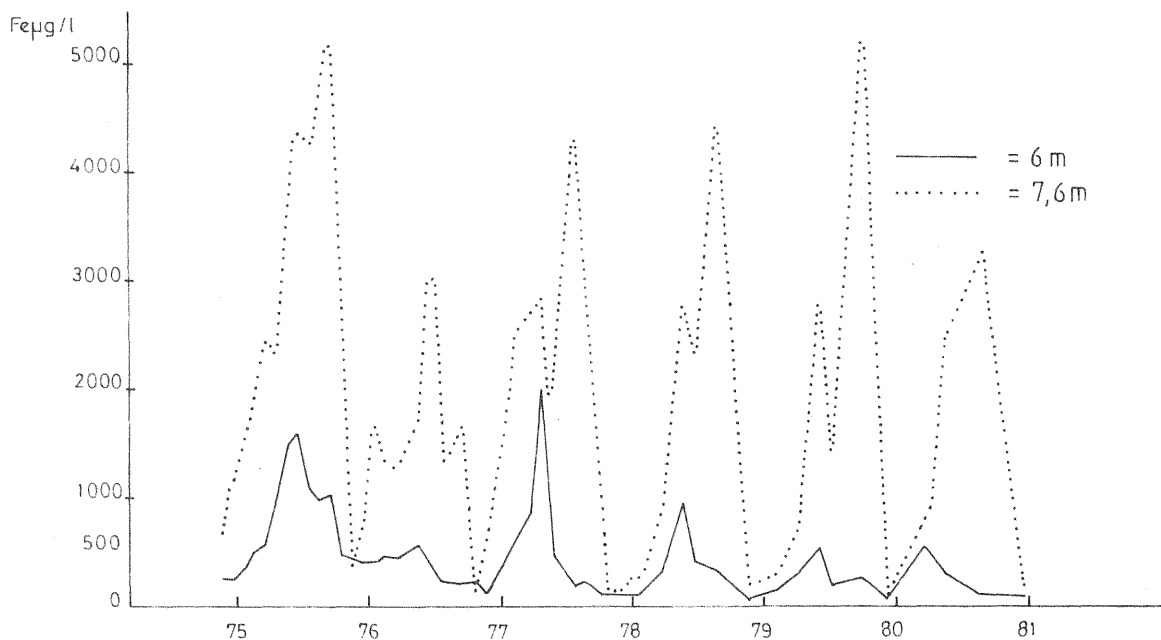
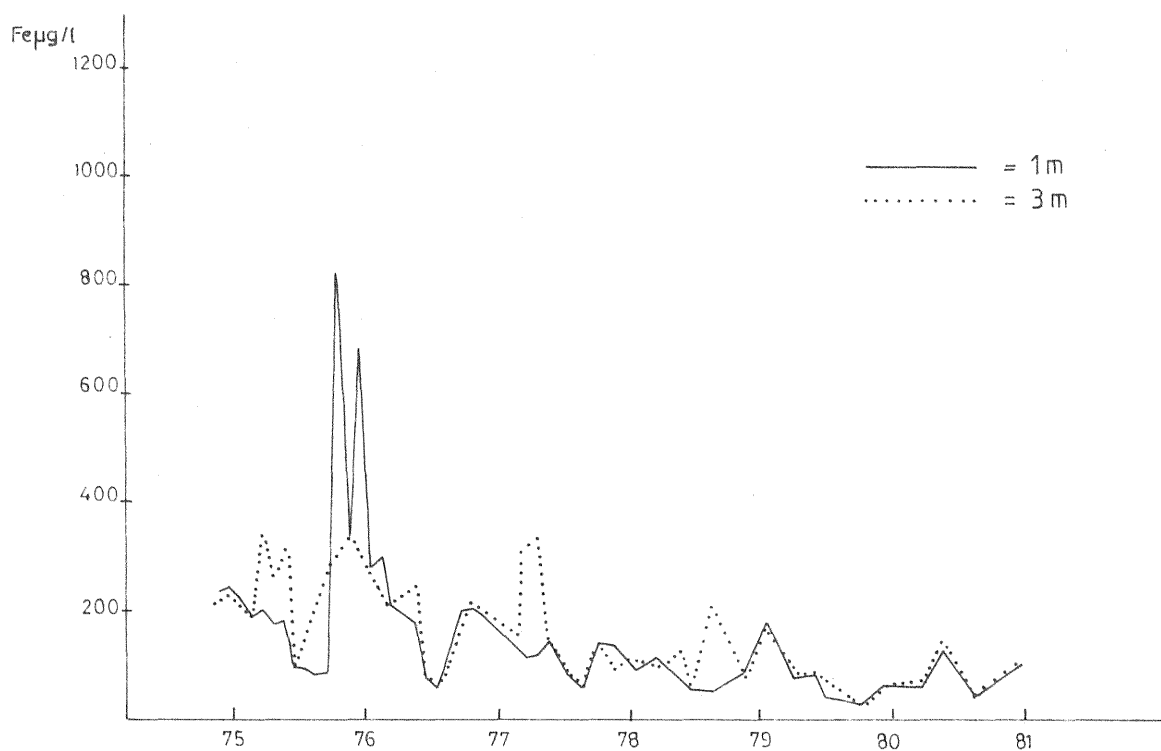
Suurimmillaan rautapitoisuudet olivat alusvedessä avovesikautena. Korkein arvo 5 587,ug/l mitattiin 1975 syyskuussa.

Pienimmät rautapitoisuudet mitattiin avovesikautena päällisvedessä. Pienin arvo 27,ug/l mitattiin syyskuussa 1979.

HAPEN KYLLÄSTYSPROSENTTI VUORILAMMESSA 1,3,6 JA 7,6 METRISSÄ  
ERI VUODENAIKOINA VV. 1974 -1980



RAUTAPITOISUUS VUORILAMMESSA 1,3,6 ja 7,8 METRISSÄ  
ERI VUODENAIKAINA VV. 1974-1980



### 3.1.4 F o s f o r i

Fosforipitoisuuden vaihtelut Vuorilammessa eri vuodenaikoina esitetään käyrinä kuvassa 9. 27.12.1975 1 m pinnasta otetun näytteen fosforipitoisuuden arvo on hylätty analysointivirheen vuoksi.

Talvisin fosforipitoisuus on ollut melko vähäinen ylimmissä vesikerroksissa. Alusvedessä fosforia on ollut keskimäärin 20,ug/l.

Täydellisten kevätkiertojen puuttuessa tilanne keväisin ei ole muuttunut fosforin osalta. Fosforipitoisuudet muuttuvat kesällä, jolloin ennen kaikkea alusvesi rikastuu sinne vajoavien orgaanisten ainesten hajotessa. Päällysvedessä esiintyvät kasviplankterit kuluttavat kesän aikana fosfaatin, joten sinä aikana fosfaattipitoisuus on päällysvedessä melko vähäinen.

Syystäyskiertojen aikana eri vesikerrosten fosforipitoisuudet tasottuvat, jolloin ne ovat koko vesipatsaassa samaa luokkaa.

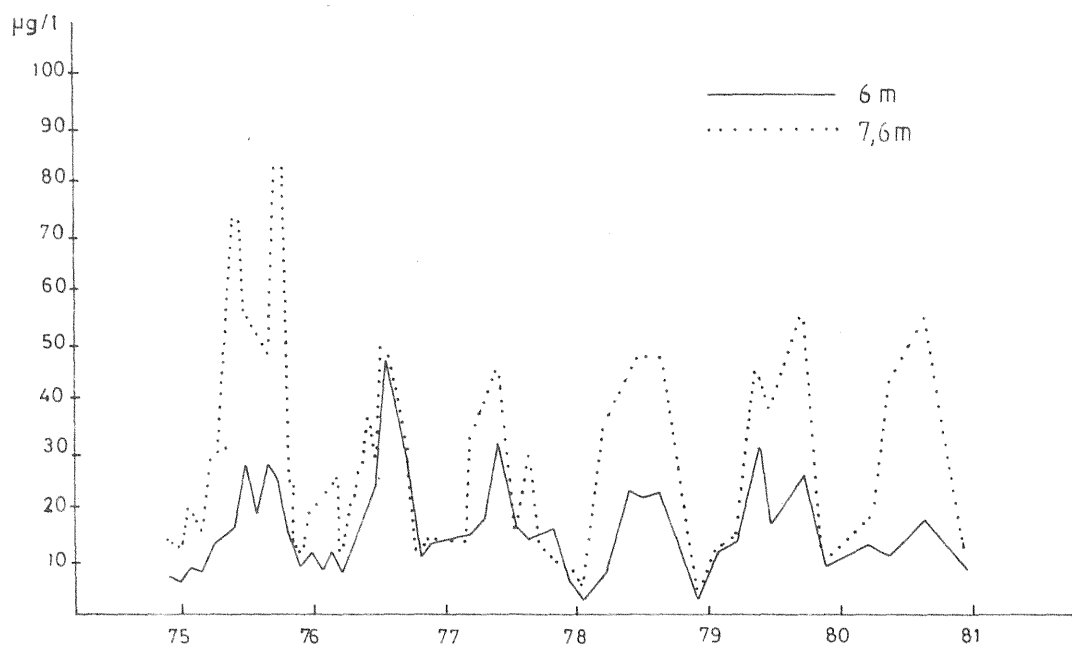
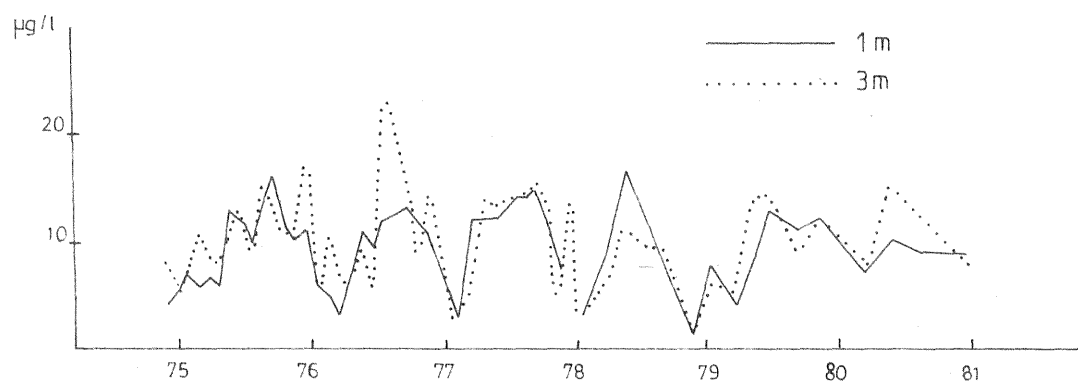
Eniten fosforia oli alusvedessä toukokuussa 1975 (18,ug/l). Fosforipitoisuuksien minimiarvot 1 - 7,ug/l havaittiin aina talvikuukausina päällysvedessä.

### 3.1.5 T y p p i

Typpipitoisuuden vaihtelut Vuorilammessa eri vuodenaikoina esitetään käyrinä kuvassa 10. 31.1.1979 otetuista näytteistä ei ole analysoitu typpipitoisuutta.

Talvikerrostuneisuuden aikana typpipitoisuus on ollut kaikissa vesikerroksissa lähes sama. Kevätkiertojen yhteydessä typpipitoisuus nousi alusvedessä, ennen kaikkea keväällä 1975. Nousu tässä kerroksessa jatkuu aina kesien aikana. Päällysvedessä typpipitoisuudet laskevat kesäisin. Koko vesipatsaan sekoittuessa syystäyskiertojen aikana typpipitoisuus on eri vesikerroksissa lähes sama.

KOKONAISFOSFORIPITOISUUS VUORILAMMESSA 1,3,6 JA 7,6 METRISSÄ  
ERI VUODENAIKOKSINA VV. 1974 - 1980



Typpipitoisuuden maksimi-arvot mitattiin aina avovesikauden loppupuolella alusvedestä. Suurin arvo 2 235  $\mu\text{g/l}$  oli elokuussa 1978.

Pienimmät arvot olivat päällyksvedessä kesäkuukausien aikana, jolloin typen kulutus on myös suurinta.

### 3.1.6 KHT

KHT-vaihtelut Vuorilammessa eri vuodenaikoina esitetään kuvassa 11.

Tutkittuna ajanjaksona kemiallisesti hapettuvien orgaanisten aineiden määrä oli 6 - 10  $\text{mg O}_2/\text{l}$ . Vuonna 1975 arvot olivat selvästi korkeampia (7 - 16  $\text{mg O}_2/\text{l}$ ) kuin muina vuosina, mikä johtuu ilmeisesti vuoden 1974 sateiden huuhtomasta humuksesta.

Talvi- ja kesäkerrostuneisuuksien aikana kemiallisesti hapettuvien aineiden kerrostuneisuus vesipatsaassa oli heikosti havaittavissa. Alusveden arvot olivat jonkin verran korkeammat sekä kerrostuneisuuksien että myös kiertojen (ennen kaikkea v. 1975) aikana verrattuna väli- ja päällysveteen. Alusvedessä KHT:n vuodenaikainen vaihtelu noudattaa melko tarkkaan alusveden happitilanteen kehittymistä. Maksimikulutus, 16,4  $\text{mg O}_2/\text{l}$  mitattiin alusvedessä elokuussa 1975.

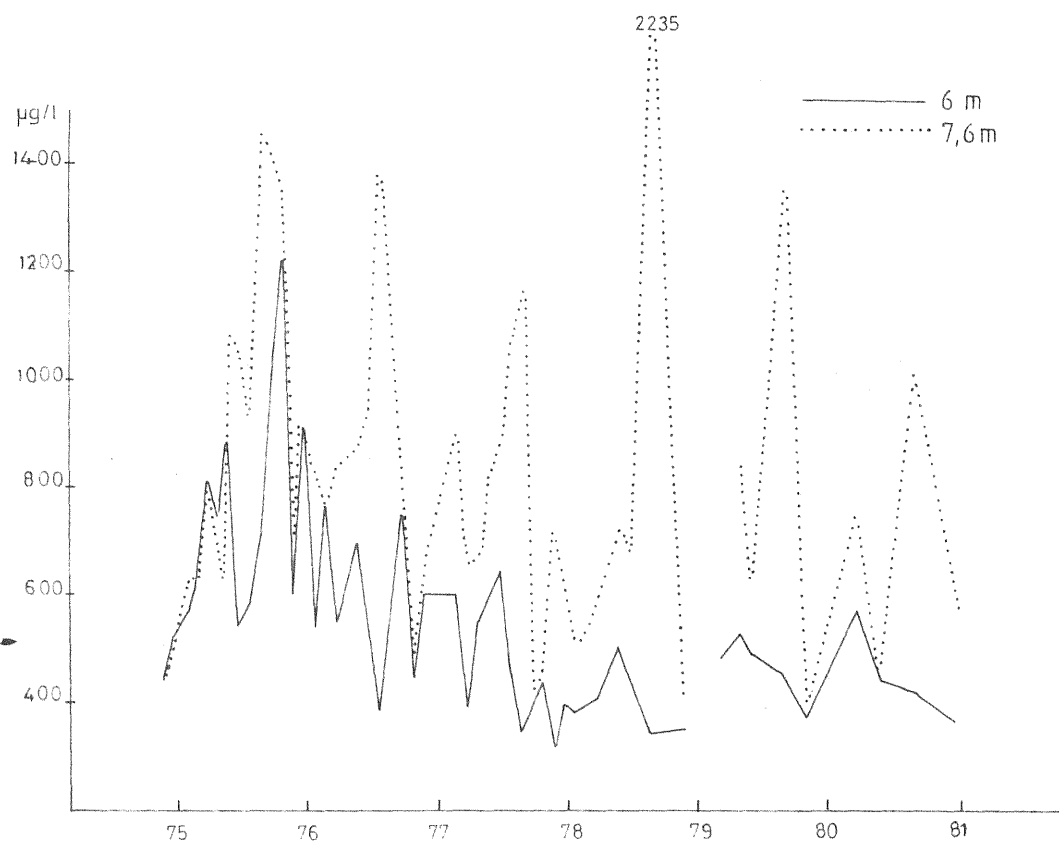
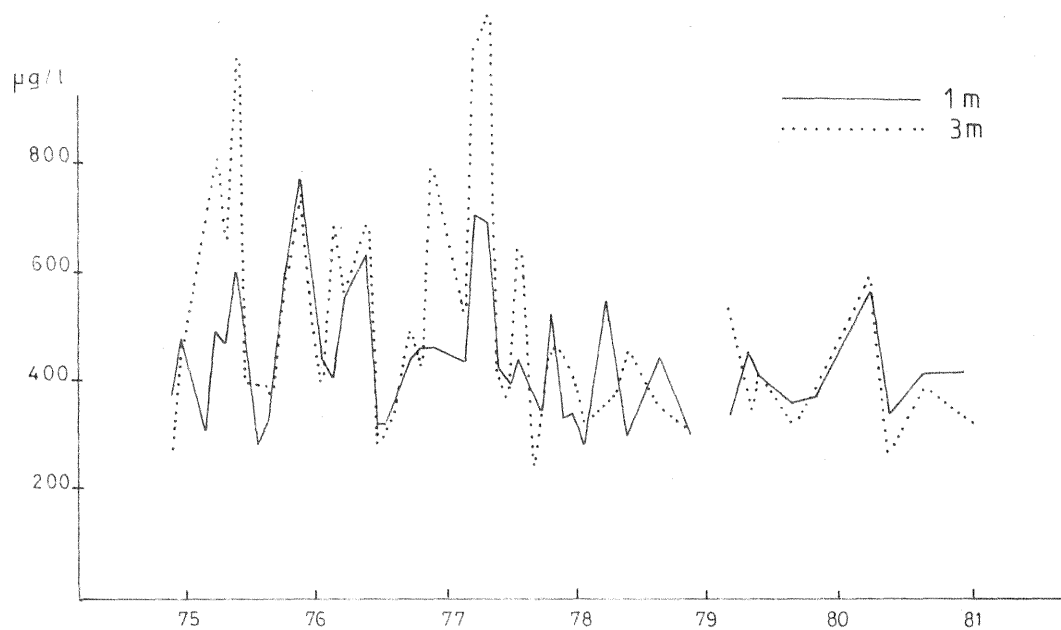
Pienin kulutus 5,9  $\text{mg O}_2/\text{l}$  oli päällyksvedessä marraskuussa 1978.

### 3.1.7 Sameus

Veden sameuden vaihtelut Vuorilammessa eri vuodenaikoina esitetään käyrinä kuvassa 12.

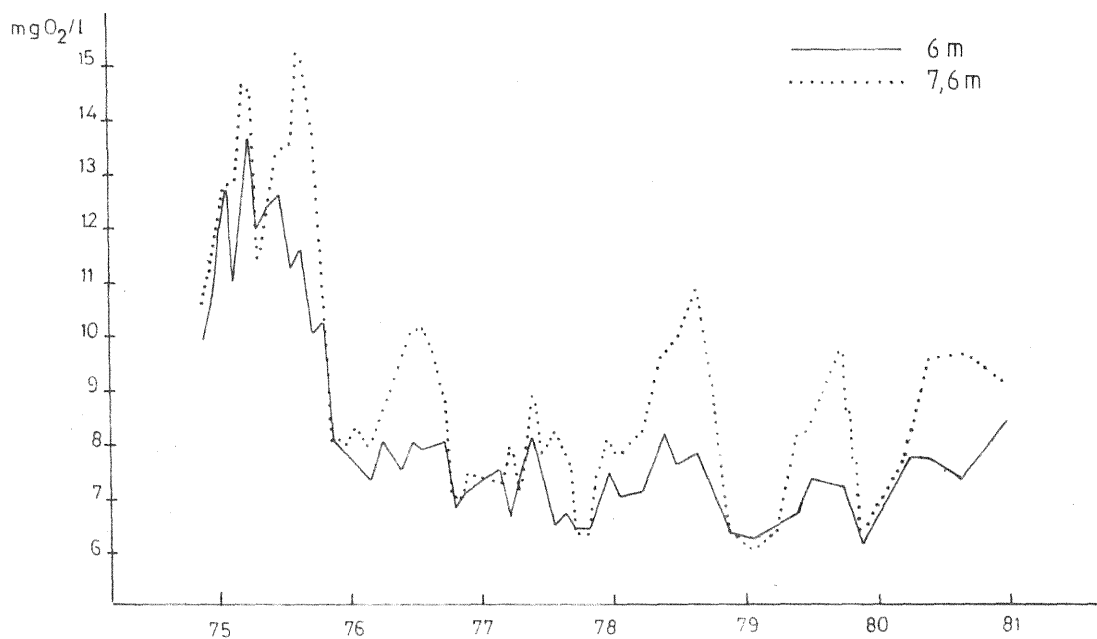
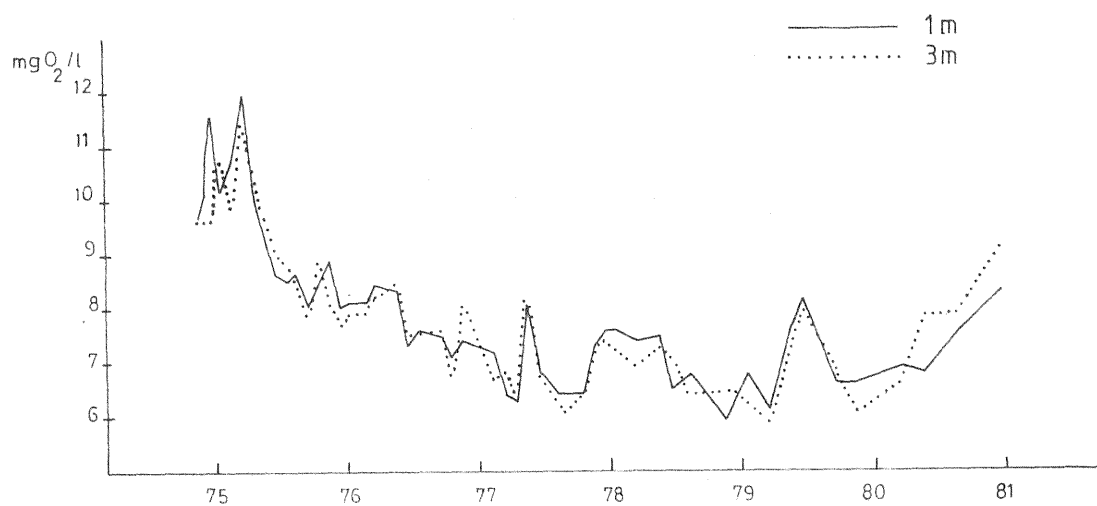
Veden sameutta on tutkittu vuoden 1974 lopulta vuoden 1976 loppuun. Pohjassa vesi on ollut sameampaa verrattuna muihin vesikerroksiin. Suurin arvo 14,00 FTU mitattiin pohjan läheltä kesäkuussa 1976.

KOKONAISTYPPIPITOISUUS VUORILAMMESSA 1,3,6 JA 7,6 METRISSÄ  
ERI VUODENAIKAINA VV. 1974 - 1980





KEMIALLINEN HAPEN KULUTUS VUORILAMMESSA 1,3,6 JA 7,6 METRISSÄ  
ERI VUODENAIKOINA VV. 1974 - 1980



Sameuden kerrostuneisuus on ollut kesällä selvempi kuin talvella.

Kiertojen, varsinkin syyskiertojen yhteydessä, jolloin vesimassa on sekoittunut paremmin kuin keväisin, sameusarvot ovat olleet koko vesipatsaassa tasaiset.

Päällysveden sameusarvot ovat olleet melko pieniä. Pienin arvo, 0,15 FTU mitattiin pinnasta huhtikuussa 1975.

### 3.1.8 Väri

Veden väriarvojen vaihtelut Vuorilammessa eri vuodenaikoina esitetään käyrinä kuvassa 13.

Veden väri oli vuonna 1975 pohjan tuntumaa lukuunottamatta huomattavasti suurempi kuin muina tutkimusvuosina.

Keväisin pohjan väriarvot ovat olleet melkein samaa luokkaa kuin talvisin.

Kesäisin alusveden ja väliveden väriarvot nousevat. Pinta-vesikerroksessa taas arvot ovat olleet kaikkina vuodenaikoina suurinpiirtein samaa luokkaa.

Syyskiertojen aikana veden väri on ollut kaikissa vesikerroksissa lähes sama.

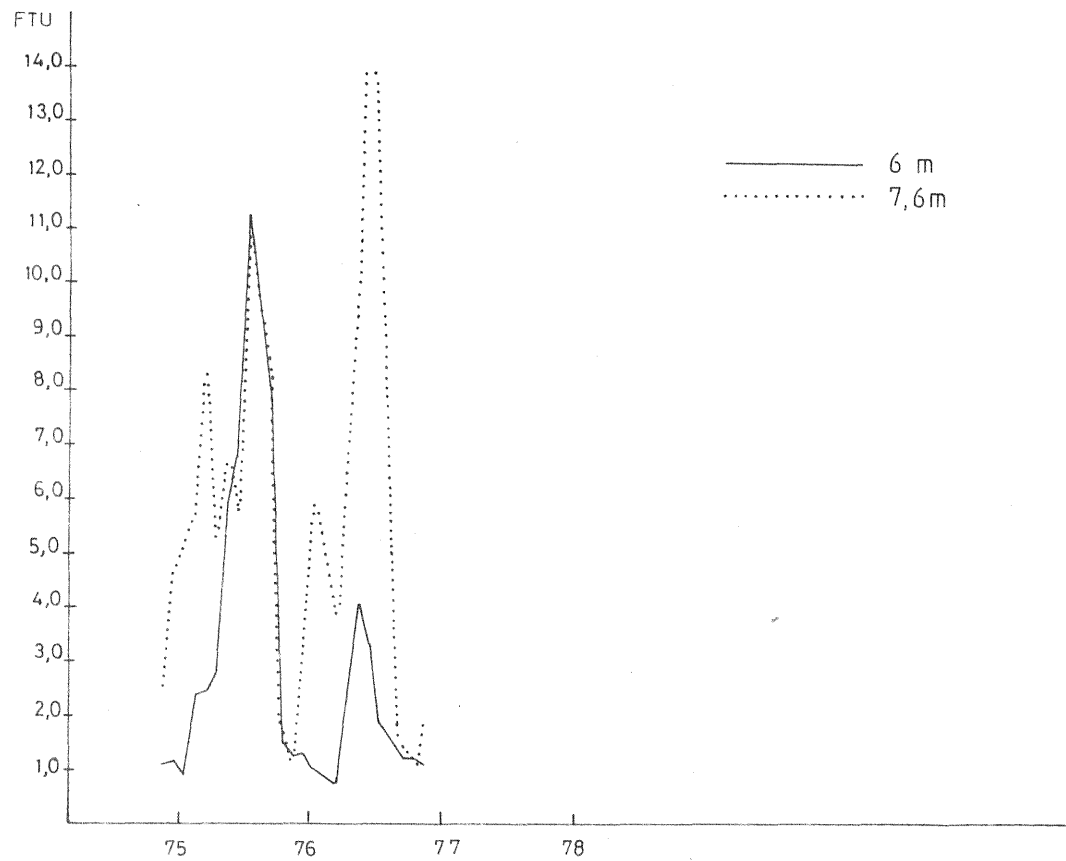
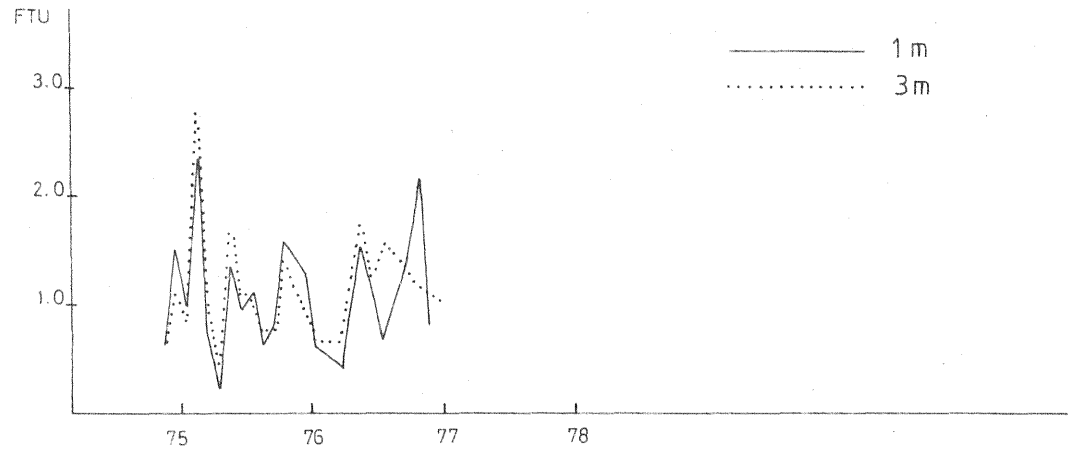
Väriin maksimiarvo (200 mg Pt/l) havaittiin kesäaikana alus-vesikerroksessa v. 1977. Minimiarvo (25 mg Pt/l) taas mitattiin päällysvedestä aika-ajoin vuosina 1977-1980.

### 3.1.9 pH

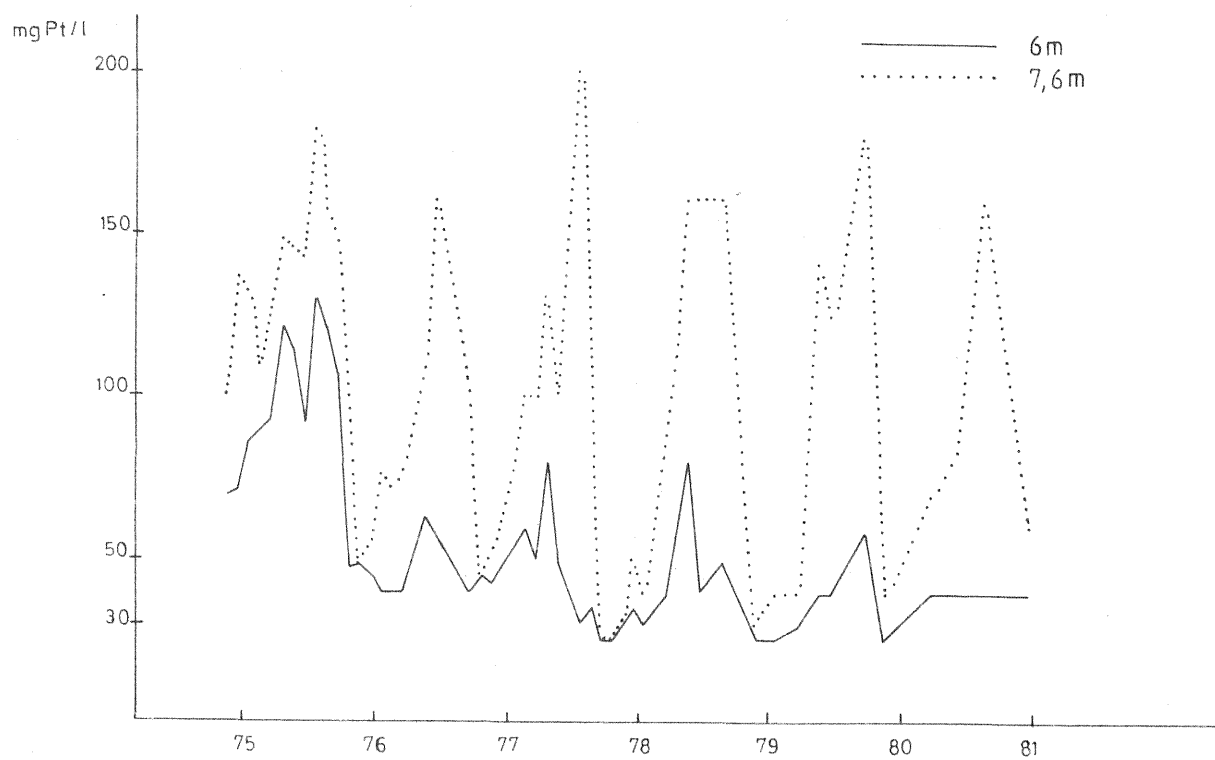
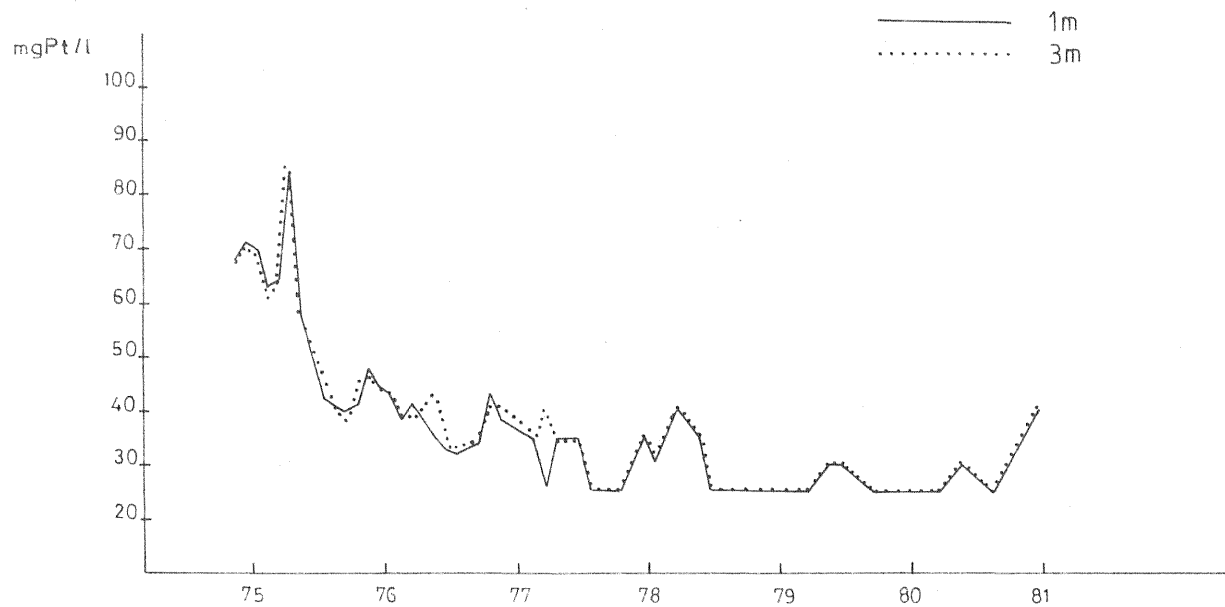
pH-arvojen vaihtelut Vuorilammessa eri vuodenaikoina esitetään käyrinä kuvassa 14.

Veden happamuuteen eli pH-arvoon vaikuttaa hiilidioksidin esiintyminen vedessä. Talvisin biologisen hajoituksen ja eliöiden

SAMEUS VUORILAMMESSA 1, 3, 6 JA 7,6 METRISSÄ  
ERI VUODENAIKONA VV. 1974 - 1980



VEDEN VÄRI VUORILAMMESSA 1,3,6 JA 7,6 METRISSÄ  
ERI VUODENAIKAINA VV.1974-1980



hengityksen vuoksi hiilidioksidin määrä lisääntyy happipitoisuuden samalla pienentyessä ja pH:n laskiessa. Tämä lasku happamen puolelle ei kuitenkaan Vuorilammen osalta ole ollut erityisen suuri. Happaminta vesi on ollut tällöin alusvedessä.

Kevätkiertojen jälkeen pH on ollut kaikissa vesikerroksissa lähes sama.

Kesäisin hiilidioksidin vähetessä assimilaation ansiosta nousi pH:n arvo, jolloin se päällyksivedessä siirtyi hieman emäksisen puolelle.

Syyskiertojen tasoittavan vaikutuksen jälkeen veden pH palasi talvisia vastaaviin arvoihin.

Suurin pH-arvo 7,2 oli päällyksivedessä heinäkuussa 1975 ja 1976. Alhaisimmat pH-arvot (6,3 - 6,6) havaittiin päällyksivedessä talvella, lähinnä maaliskuussa.

#### 3.1.10 A l k a l i n i t e e t t i

Alkaliniteetin vaihtelut Vuorilammessa eri vuodenaikoina esitetään kuvassa 15.

Vuorilammessa bikarbonaattipitoisuus, josta antaa kuvan alkaliniteetti, nousee vastaavasti talvisin, joskin muutokset tässä kerroksessa ovat olleet melko vähäisiä.

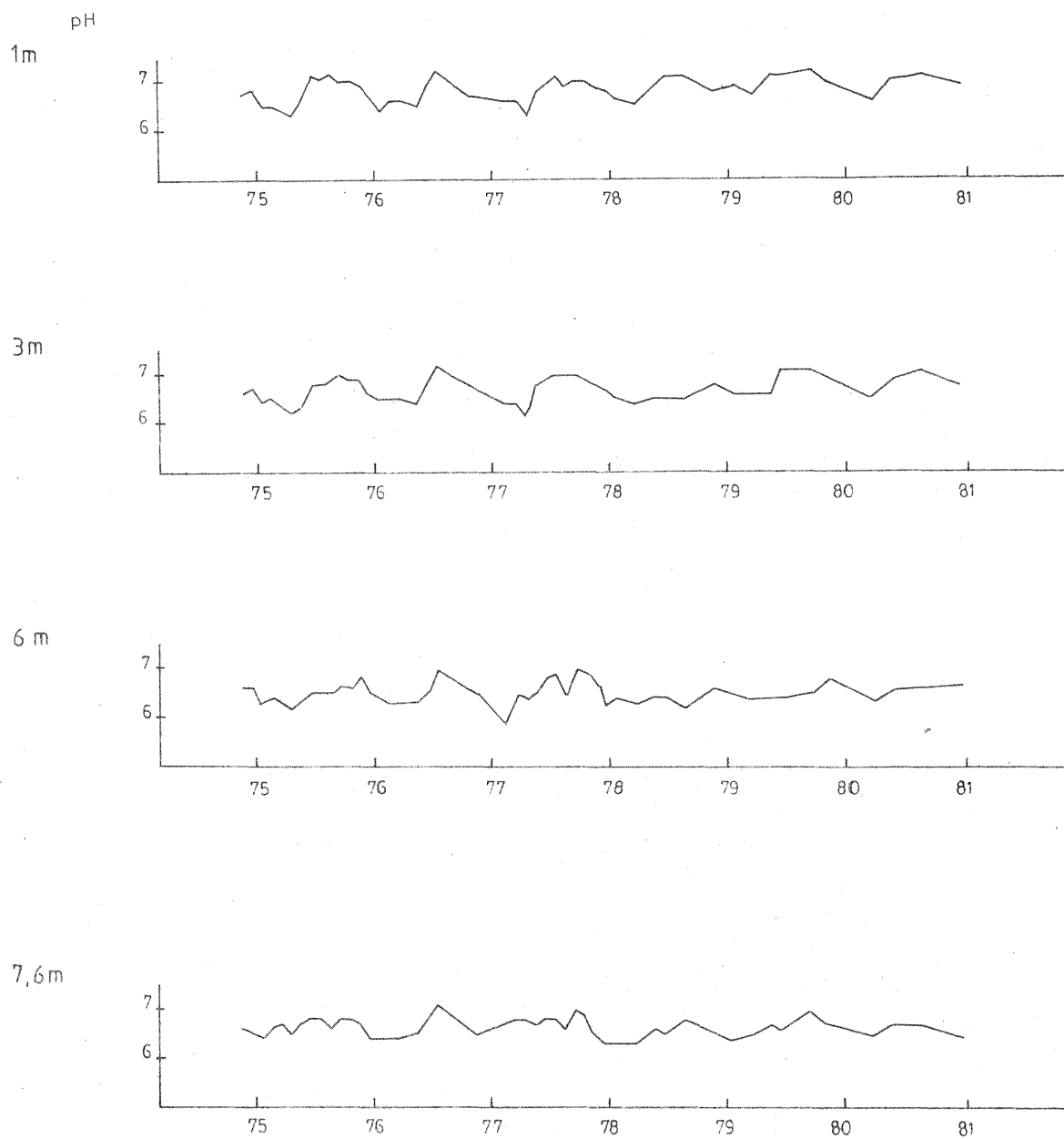
Alkaliniteetti oli korkein kesällä 1975, 1977 ja 1979 alusvedessä (0,90 - 1,08 mval/l). Myös kevättalvella 1977 se oli alusvedessä samaa luokkaa kuin edellä mainittuina kesinä.

Kesällä 1976 alkaliniteettia ei määritetty.

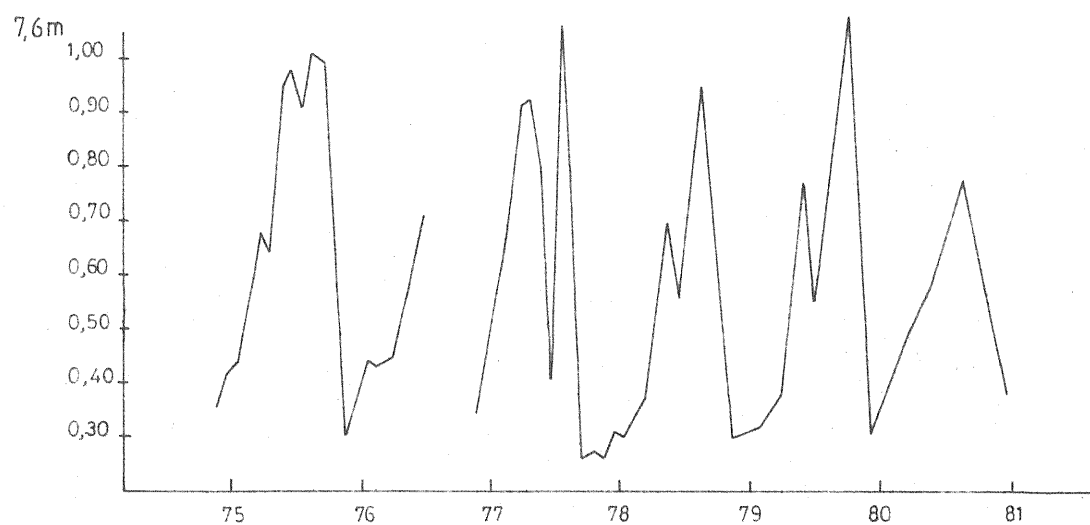
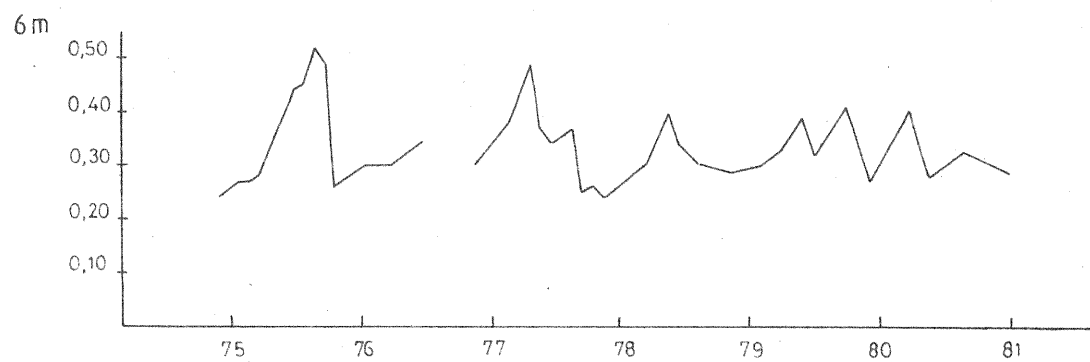
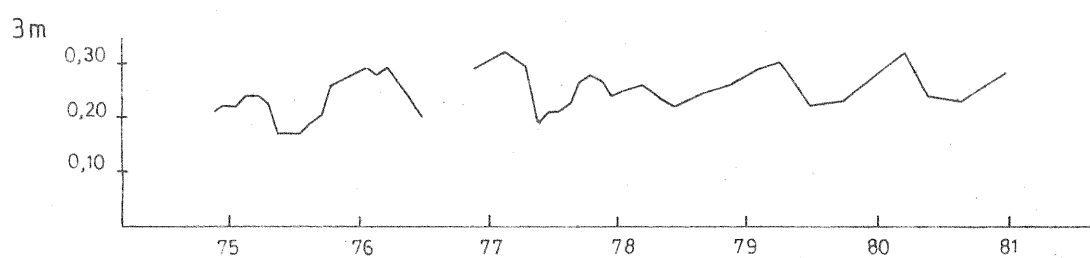
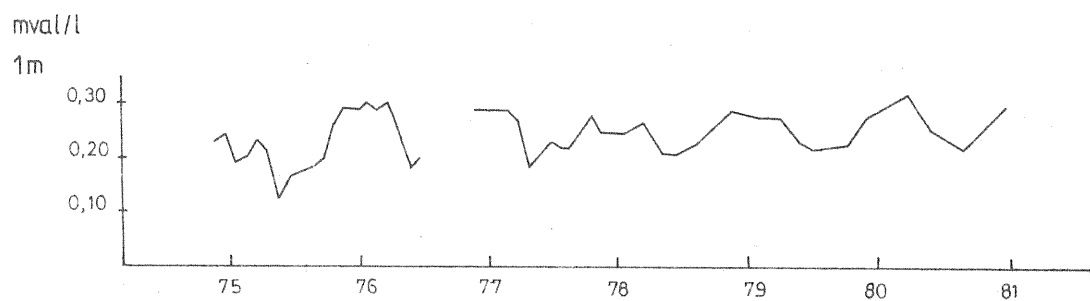
#### 3.1.11 O m i n a i s s ä h k ö n j o h t a v u u s

Ominaissähkönjohtavuuden vaihtelut Vuorilammessa eri vuosina aikoina esitetään käyrinä kuvassa 16. Marraskuussa 1978 otetun näytteen sähkönjohtavuusarvoa ei ole esitetty kuvassa 16, koska sähkönjohtokyky mittari on ollut epäkunnossa.

PH VUORILAMMESSA 1,3,6 JA 7,6 METRISSÄ  
ERI VUODENAIKONA VV. 1974-1980



ALKALINITEETTI VUORILAMMESSA 1,3,6 JA 7,6 METRISSÄ  
ERI VUODENAIKAINA VV. 1974 - 1980



Ominais sähköjohtavuus, joka ilmaisee veden suolapitoisuutta, on ollut suhteellisen tasainen koko tutkittuna ajanjaksona päällyysvedessä. Pienin arvo 3,8 mS/m oli päällyysvedessä toukokuussa 1975. Alusvedessä sähköjohtavuus nousi kesäisin, ennen kaikkea kesinä 1975 ja 1977. Suurin mitattu arvo, 13,8 mS/m oli alusvedessä toukokuussa 1975.

### 3.2 PERUSTUOTANTOTUTKIMUKSET

20. - 21.7.1976 suoritetussa perustuotantotutkimuksessa saadut tulokset, jotka edustavat havaintopaikan perustuotantokykyä vakioituissa oloissa, esitetään kuvassa 17.

Vuorokauden aikana perustuotantokyky Vuorilammessa on alhainen päiväsaikaan, jolloin luonnonoloissa lammessa yhteyttämistoimintaa tapahtuu. Alhaisimmillaan perustuotantokyky oli iltapäivällä klo 16.15 ( $40 \text{ mg C/m}^3/\text{vrk}$ ). Suurimmillaan se oli vastaavasti yöllä klo 04.15 ( $80 \text{ mg C/m}^3/\text{vrk}$ ), jolloin lammessa yhteyttämistoiminta on lähes pysähdyksissä.

Vuoden 1977 kesä-, heinä- ja elokuussa tehtyjen perustuotantotutkimusten tulokset esitetään kuvassa 18.

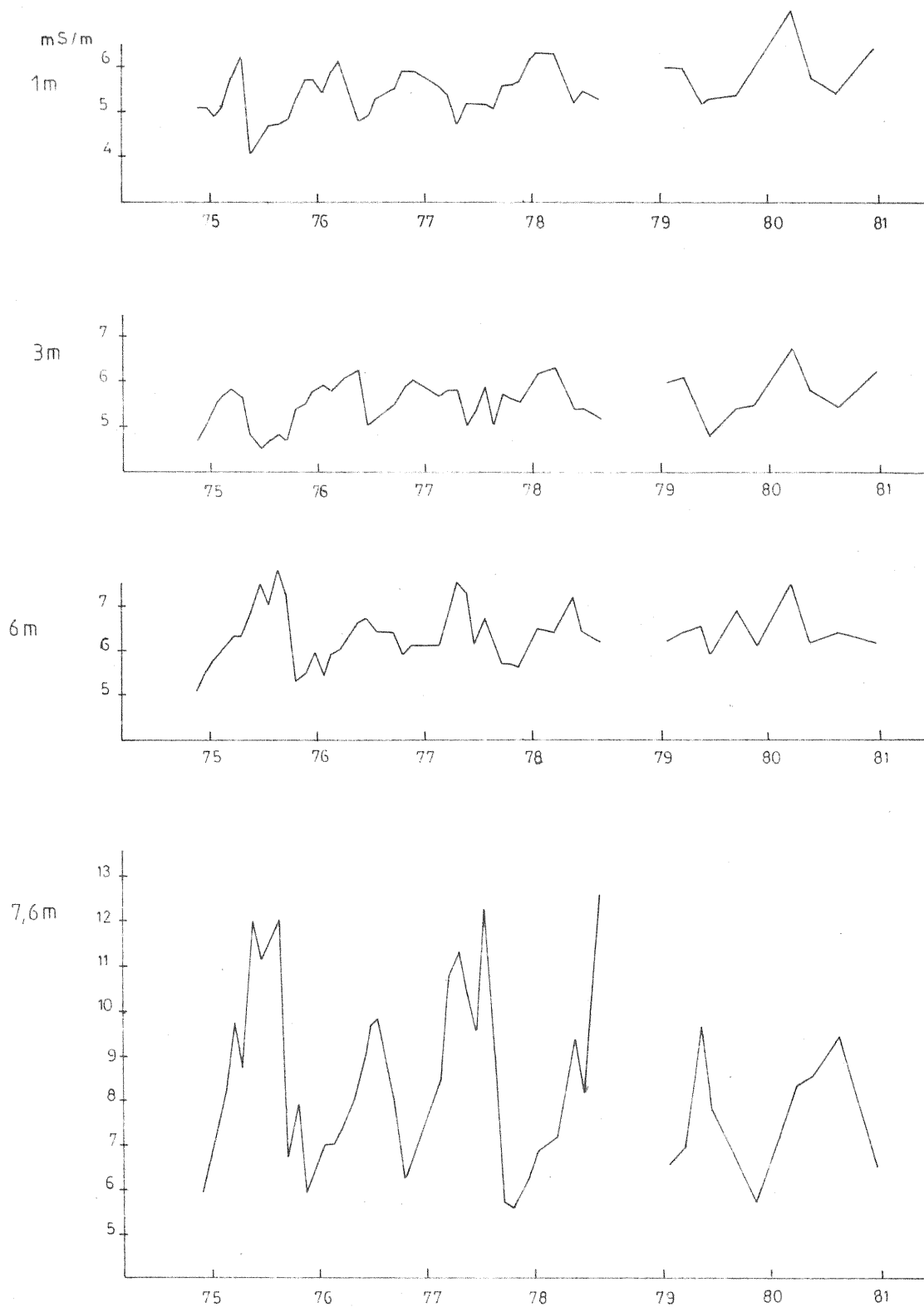
Tutkimuksissa määritettiin rinnakkain sekä perustuotantoin situ että perustuotantokyky. Saatujen tulosten perusteella tuotanto Vuorilammessa on alhainen.

Suurimmillaan tuotanto oli päällyysvedessä, missä myös edellytykset yhteyttämislle ovat suotuisimmat. Tuotantokerroksen paksuuden määrää ensisijaisesti valon tunkeutumissyvyys, mistä johtuen alusvedessä fotoenergeettistä tuotantoa ei juuri ole.

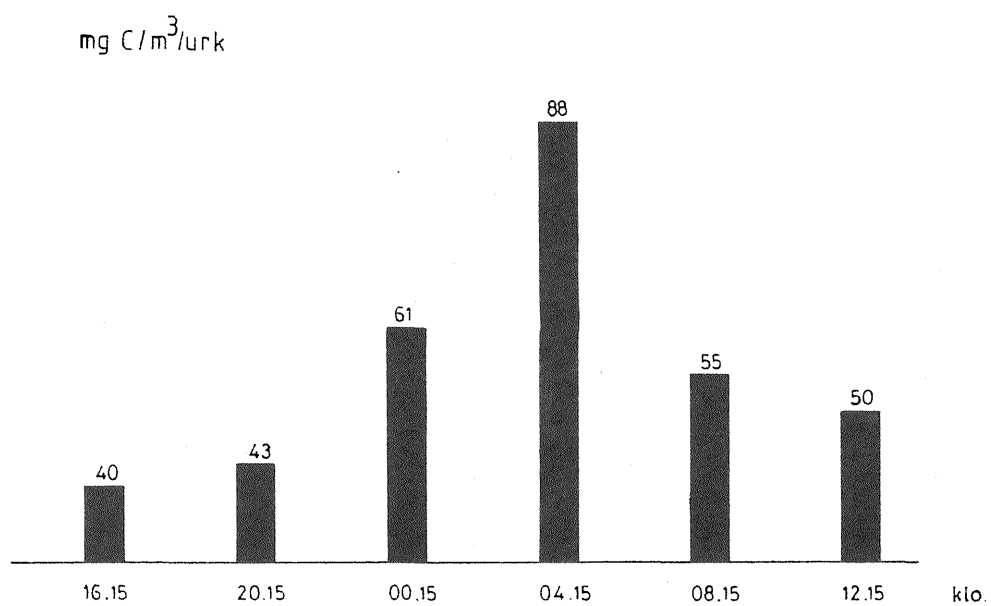
Perustuotantokyky, jonka määrittämiseksi näytteet inkuboidaan perustuotantokaapissa oli perustuotantoa suurempi kaikissa vesikerroksissa tutkittuna ajanjaksona. Elokuussa yhteyttämislle luonnollisten edellytysten, lähinnä valon saannin, jonkin verran huononnutta ja orgaanisten aineiden vajotessa



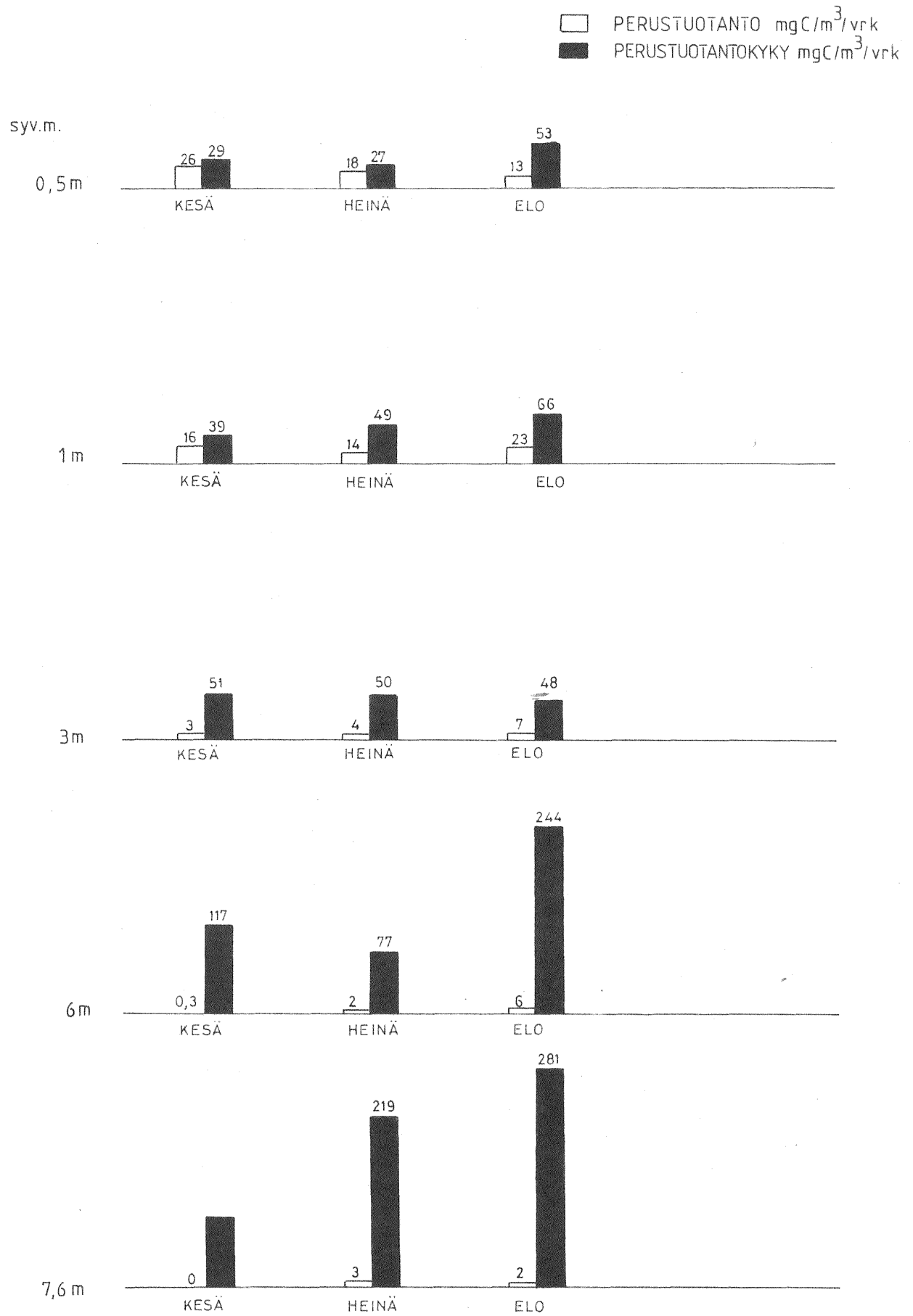
OMINAISSÄHKÖNJOHTAVUUS VUORILAMMESSA 1,3,6 JA 7,6 METRISSÄ  
ERI VUODENAIKOINA VV. 1974 -1980



PERUSTUOTANTOKYKY VUORILAMMESSA 20.7 - 21.7.1976



PERUSTUOTANTOTUTKIMUSTEN TULOKSET VUORILAMMESSA KESÄ-, HEINÄ-JA ELOKUUSSA 1977



pohjaan, kasvoi perustuotantokyky verrattuna perustuotantoon-in situ huomattavasti kaikissa vesikerroksissa ja ennen kaikkea alusvedessä.

### 3.3 BHK-KOE IN SITU -MENETELMÄLLÄ

Näytevesien biologisen hapenkulutuksen selvittämiseksi laskettiin kokeen alussa ja lopussa mitattujen eri syvyyksissä olevien näytevesien happipitoisuuksien erotukset. Kulutusta ilmeni vähiten Vuorilammen vedestä 1 m pohjasta tehdyissä laimennuksissa. Eniten happea kulutti jätevesi, jonka laimennussuhteena oli 1:50. Kulutus seurasi lämpötilaa niin, että lämpötilan kohotessa pohjaa kohden myös biologisen hapenkulutuksen määrä lisääntyi (kuva 19).

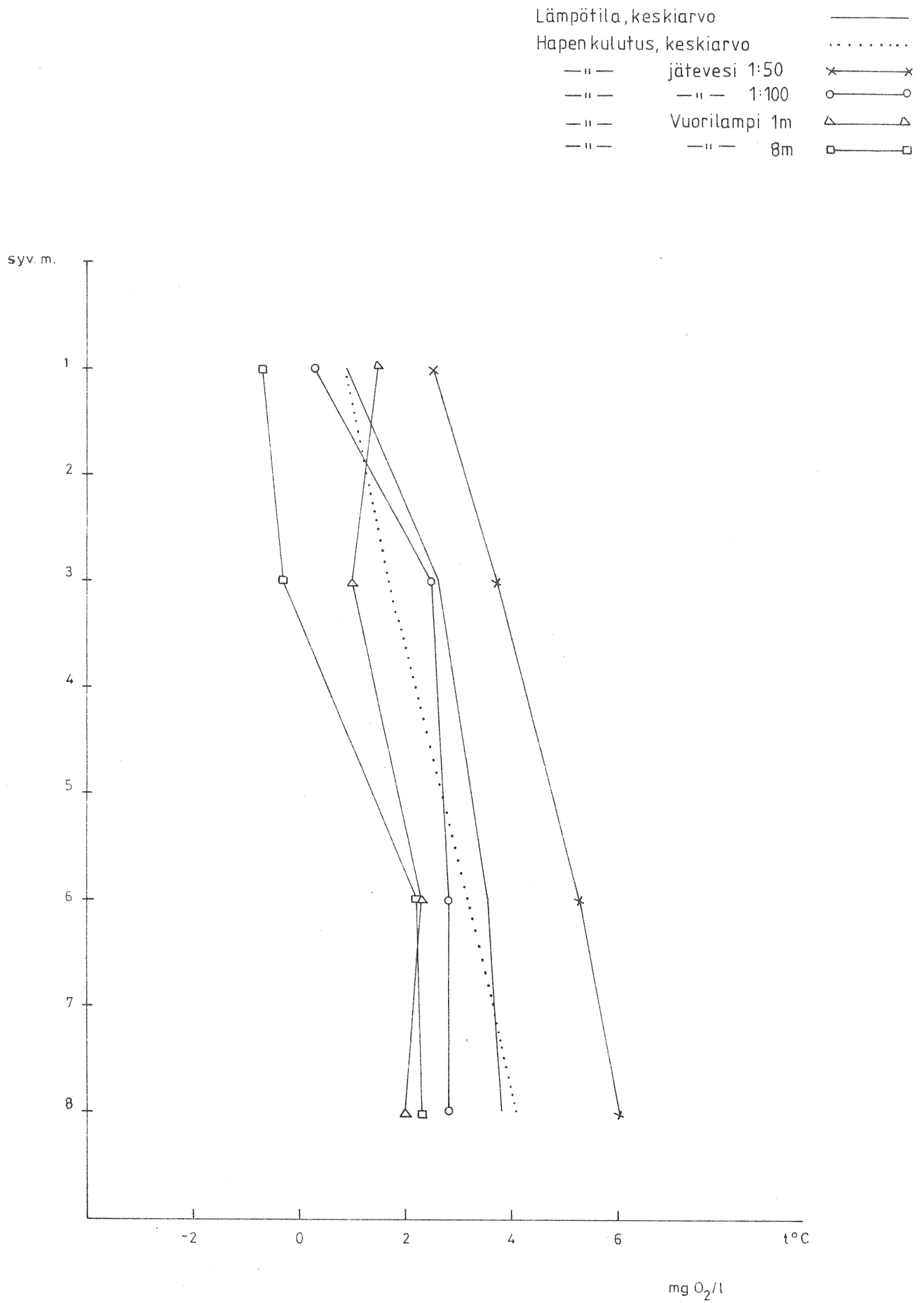
Näytteenottopaikan vedestä eri syvyyksistä määritettyjen happipitoisuuksien perusteella ennen ja jälkeen koetta voidaan todeta hapen vähentyneen kaikissa vesikerroksissa ja ennen kaikkea pohjalla, missä happikyllästysprosentti ennen koetta oli 14 %. Kokeen jälkeen siellä ei ollut happea lainkaan (taulukko 1).

Taulukko 1 Tutkimuspisteen happipitoisuudet ennen ja jälkeen koetta

Syvyys m	9.1.1975	7.4.1975
	O <sub>2</sub> % kyll.	O <sub>2</sub> % kyll.
1	65	52
3	54	15
6	23	6
7,8	14	0

Kokeen alussa (9.1.1975) näytteenottopaikan vedestä määritettiin myös BHK<sub>7</sub>, joka oli 1 m pinnasta 2,3 O<sub>2</sub> mg/l ja 1 m pohjasta 1,9 O<sub>2</sub> mg/l.

BHK-KOE IN SITU-MENETELMÄLLÄ 9.1.-7.4.1975



Kahden viikon välein mitatuista lämpötiloista laskettiin kokeiden keskilämpötilat. Ne olivat 1 m pinnasta  $0,9^{\circ}\text{C}$ , 3 metrissä  $2,6^{\circ}\text{C}$ , 6 metrissä  $3,5^{\circ}\text{C}$  ja 1 m pohjasta  $3,8^{\circ}\text{C}$  (taulukko 2). Koe osoitti lämpötilan vaikuttavan voimakkaasti hapen kulumiseen vedestä talvella. Alusveden huono happitilanne johtuu siten pikemmin korkeasta lämpötilasta kuin hajoavan aineksen suuremmasta määrästä, kuin pintavedessä.

Taulukko 2 Lämpötilat kokeen kuluessa

pv	Syvyys m			
	1	3	6	7,8
9.1	$1,6^{\circ}\text{C}$	$3,4^{\circ}\text{C}$	$3,6^{\circ}\text{C}$	$3,8^{\circ}\text{C}$
22.1	$0,4^{\circ}\text{C}$	$2,2^{\circ}\text{C}$	$3,6^{\circ}\text{C}$	$3,9^{\circ}\text{C}$
3.2	$0,6^{\circ}\text{C}$	$1,9^{\circ}\text{C}$	$3,4^{\circ}\text{C}$	$3,8^{\circ}\text{C}$
21.2	$1,0^{\circ}\text{C}$	$2,8^{\circ}\text{C}$	$3,6^{\circ}\text{C}$	$3,6^{\circ}\text{C}$
6.3	$0,5^{\circ}\text{C}$	$2,1^{\circ}\text{C}$	$3,4^{\circ}\text{C}$	$3,8^{\circ}\text{C}$
20.3	$1,2^{\circ}\text{C}$	$3,1^{\circ}\text{C}$	$3,7^{\circ}\text{C}$	$4,0^{\circ}\text{C}$
7.4	$1,0^{\circ}\text{C}$	$2,7^{\circ}\text{C}$	$3,4^{\circ}\text{C}$	$3,8^{\circ}\text{C}$
	$0,9^{\circ}\text{C}$	$2,6^{\circ}\text{C}$	$3,5^{\circ}\text{C}$	$3,8^{\circ}\text{C}$

### 3.4 KOEKALASTUS

29. - 30.8.1977 suoritettun koekalastuksen kokonaissaalis oli heikko, 1 380 g, josta suurin osa 1 195 g oli ahvenia. Niiden lisäksi saatiin kaksi yhteensä 90 g painanutta kiiskeä ja 95 g painoinen hauki. Ahvenista 96 kpl, 980 g saatiin 12 mm:n, 8 kpl, 105 g 15 mm:n ja 3 kpl, 100 g 20 mm:n verkosta. Hauki saatiin silmäharvuudeltaan 20 mm:n verkosta ja molemmat kiisket 25 mm:n verkosta. Muissa koeverkkosarjan verkoissa ei ollut saalista.

Saaduista kiiskeistä molemmat olivat naaraita. Toinen oli 6-vuotias, 17,9 cm pitkä ja 50 g painava. Toinen 5-vuotias oli vastaavasti pituudeltaan 18,0 cm ja painoltaan 40 g.

Saatu hauki oli 3-vuotias naaras, jonka pituus oli 25 cm.

Ahvensaaliista otetusta 10 kpl otoksessa oli naaraita neljä ja uroksia kuusi. Suurin ahven painoi 70 g ja oli pituudeltaan 15,5 cm. Pienin ahven painoi 10 g ja oli 10,2 cm pitkä. Ahvenista kaksi oli 5-vuotiaista, kaksi 4-vuotiaista ja loput 3-vuotiaita (taulukko 3).

Taulukko 3 Tulokset kokonaisahvensaaliista otetusta 10 kpl otoksesta

Pituus kok.pit. cm	Paino g	Sukupuoli	Ikä pyyntihetkellä
15,5	70	♂	5
15,2	55	♂	5
11,0	15	♀	4
11,5	15	♀	4
11,0	10	♀	3
10,5	10	♂	3
11,2	10	♂	3
10,2	10	♂	3
10,3	10	♀	3
11,0	10	♂	3

#### 4 V U O R I L A M M E N T I L A

Vuorilammelle on ominaista ettei tuuli pääse sekoittamaan vettä tehokkaasti täyskiertojenkaan yhteydessä. Tämä heijastuu lammen tilaan, lähinnä happipitoisuuteen. Kevätkiertojen ollessa heikkoja alusveden hapenvajaus ei täydenny kyllästysarvoon saakka.

Tuulen heikon vaikutuksen vuoksi vesimassa jää syyskiertojen yhteydessä suhteellisen lämpöiseksi lammen jo saadessa jääpeitteen. Tällöin happi kuluu nopeasti orgaanisten aineiden hajotessa. Lammen mataluuden vuoksi alusveden tilavuus on päällisveteen verrattuna pieni. Mitä pienempi tämä tilavuus on, sitä herkemmin happi kuluu tästä kerroksesta.

Lammen tila on kuitenkin parantunut havaintojaksolla. Esimerkiksi fosfori-, typpi-, KHT- ja väriarvot ovat laskeneet. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että vuosien 1974 ja 1975 tilanne on ollut poikkeuksellisen huono kesän 1974 runsaiden sateiden vuoksi. Tällöin lampeen on huuhtoutunut paljon humusta. Tätä ilmentää mm. veden väri, joka oli korkein päällysvedessä vuosina 1974 ja 1975.

## 5 T I I V I S T E L M Ä

Tutkimuksen tarkoituksena on ollut selvittää Vuorilammen, Kuopion vesipiirin ns. edustavan lammen tilaa ja tuotantoa kemiallisten, fysikaalisten ja biologisten menetelmien avulla.

Vuorilammen veden lämpötilan muutokset vuosina 1974-80 noudattavat meillä tyypillisiä lämpötilavaihteluja eri vuoden aikoina, joskin lammen suojaisan sijainnin vuoksi tuuli ei pääse sekoittamaan vesikerroksia tehokkaasti täyskiertojenkaan yhteydessä, mikä ilmenee siten, ettei koko vesipatsas ole ollut tasalämpöinen kiertoajan havainnoissa.

Talvella 1977-78 suoritetuissa lämpötilamittauksissa vesipatsaan lämpötiloissa oli vaihtelua. Lammen jäätyessä oli lämpötila-arvoissa havaittavissa lievää talvikerrostuneisuutta, joka välillä jääpeitteen sulaessa ja veden sekoittuessa hävisi. Myöhemmin kylmä vesi taas kerrostui lämpimämmän veden päälle ja lammen jäädyttyä lopullisesti tämä talvikerrostuneisuus selveni. Lämpötila eri vesikerroksissa pysyi läpi talven lähes muuttumattomana, joskin arvot kevättalvella pinnassa ja pohjassa jonkin verran nousivat.

Kesien aikana ja kevättalvisin Vuorilammen alusveden happipitoisuus laskee nollaan. Syksyisin alusveden happipitoisuudet ovat suurimmat. Päällysvedessä happea on runsaasti avovesikausina, mutta talvisin hapen määrä vähenee tästäkin vesikerroksesta.



Veden rautapitoisuus on kesäisin ja syksyisin korkea pohjan läheisyydessä, mistä sitä kulkeutuu paljon päällysveteen syyskiertojen, erityisesti syystäyskiertojen 1975 ja 1979 yhteydessä.

Suurimmat fosforipitoisuudet kaikissa vesikerroksissa havaittiin avovesikausina. Fosfori- ja typpipitoisuudet vaihtelivat samansuuntaisesti.

Typpipitoisuuden ollessa kesäisin alusvedessä korkea, sitä kulkeutuu aivan samoin kuin rautaakin päällysveteen syystäyskiertojen aikana.

Kemiallisesti hapettuvien orgaanisten aineiden määrä oli vuonna 1975 huomattavasti suurempi kuin muina vuosina. Päällysvedessä KHT:n vaihtelut seurasivat väri vaihteluja, kun taas vastaavasti alusvedessä KHT:n suhteellinen muuttuminen noudatti melko tarkkaan happitilanteen kehittymistä. Vuoden 1975 tilanne johtui edellisen vuoden poikkeuksellisen runsaista sateista.

Päällysveden väri oli korkeimmillaan vuosina 1974 ja 1975 runsaiden sateiden vuoksi. Vuodesta 1975 lähtien veden väri on vähentynyt. Alusvedessä värin vaihtelu seuraa raudan vaihteluja, koska suuret rautapitoisuudet lisäävät ruskeata väriä.

Sameuden samoin kuin värin arvot olivat pohjalla suuremmat kuin muissa kerroksissa. Avovesikautena molempien arvot nousevat ennen kaikkea pohjalla.

Veden pH vaihtelee happipitoisuuden mukaan. Happipitoisuuden vähetessä pH laskee.

Alkaliniteetin ja ominaissähkönjohtokyvyn vaihtelut seuraavat toisiaan kaikissa vesikerroksissa. Molempien muutokset ovat jyrkimmät alusvedessä.

Perustuotantomittausten mukaan Vuorilammen tuotanto on alhainen. Lampi voidaan luokitella kuuluvaksi vesistötyypiltään karuksi.

Koekalastus antoi saaliiksi pienikokoisia ahvenia, kiiskiä ja hauen, joten kokonaisuutena Vuorilammen kalantuotanto on huono. Lammen pääkala on ahven.





# S I S Ä L L Y S L U E T T E L O

## SADEVESIVIEMÄREISTÄ TULEVAN VEDEN LAADUSTA

		Sivu
1	JOHDANTO	1
1.1	Työn tarkoitus	1
1.2	Tutkimusalue	1
2	AINEISTO JA MENETELMÄT	1
2.1	Havaintojakson meteorologiset tiedot	2
2.2	Vesinäytteet	2
2.3	Muulla tehtyjä tutkimuksia	2
3	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	2
3.1	Havaintojakson meteorologiset tiedot	2
3.2	Vesinäytteet	4
3.2.1	Lämpötila	4
3.2.2	Sameus	4
3.2.3	Kiintoaine	5
3.2.4	Ominais sähköjohtavuus	6
3.2.5	pH	6
3.2.6	KHT	7
3.2.7	Fosfori	7
3.2.8	Typpi	9
3.2.9	Enterokokit	9
3.2.10	Sinkki	10
3.2.11	Lyijy	11
3.2.12	Muulla tehtyjä tutkimuksia	13
4	TIIVISTELMÄ	14
	LIITE 1	16
	LIITE 2	18



## 1 JOHDANTO

### 1.1 Työn tarkoitus

Työn tarkoituksena oli selvittää Kuopion kaupungin alueella sadevesiviemäreistä tulevan veden laatua. Vesinäytteitä kerättiin vuosina 1975 ja 1976.

### 1.2 Tutkimusalue

Tutkimusalue käsitti Kuopion kaupungin keskustan ja osan ympäristössä olevista asuma-alueista. Havaintopaikat sijaitsivat kolmella eri valuma-alueella.

Näytteenottopaikkoina olivat: 1. Satamaan tuleva viemäri, 2. Maljapuroon tuleva viemäri, 3. Maljapuro (ennen Maljapuroon tulevaa viemäriä), 4. Kettulanlahteen tuleva viemäri ja 5. Sikolampeen tuleva viemäri (kuva 1).

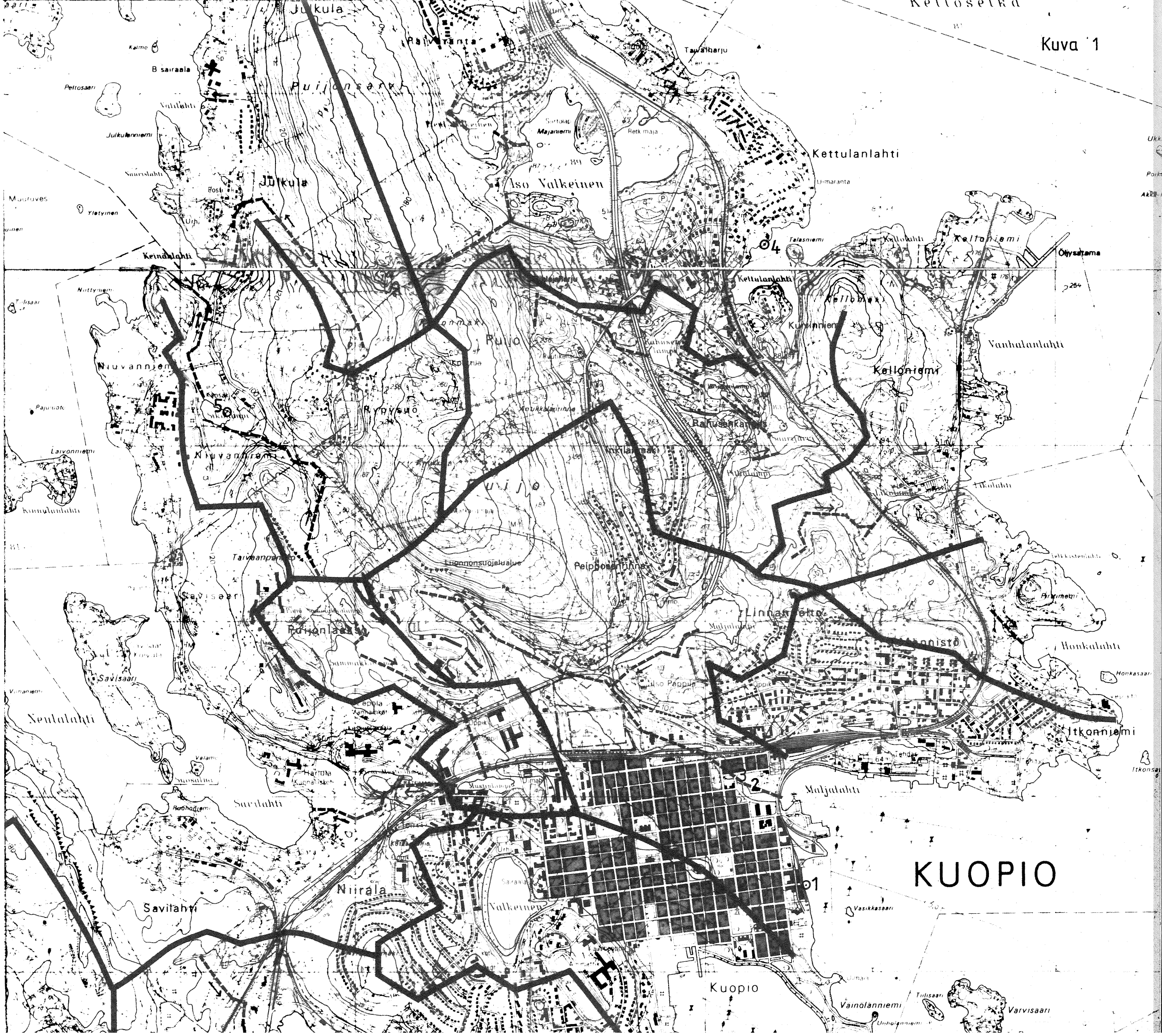
Havaintopaikat 1, 2 ja 3 sijaitsevat samalla valuma-alueella. Tähän valuma-alueeseen kuuluu puolet kaupungin keskustasta, aseman seutu, Peipposenrinteen ja osa Linnanpellon pientalo-alueista, osa Inkilänmäen ja osa Puijonlaakson lähiöitä. Havaintopaikka 4 sijaitsee Kettulanlahden pientaloalueen läheisyydessä ja kuuluu valuma-alueeseen, joka käsittää Kettulanlahden ja Päivärannan asuma-alueet. Edellä mainittujen valuma-alueiden halki kulkee vilkkaasti liikennöity moottoritie ja junarata. Näytteenottopaikka 5 sijaitsee valuma-alueella, jolla on pientalo- ja kerrostaloasutusta (kuvat 2, 3 ja 4).

## 2 AINEISTO JA MENETELMÄT

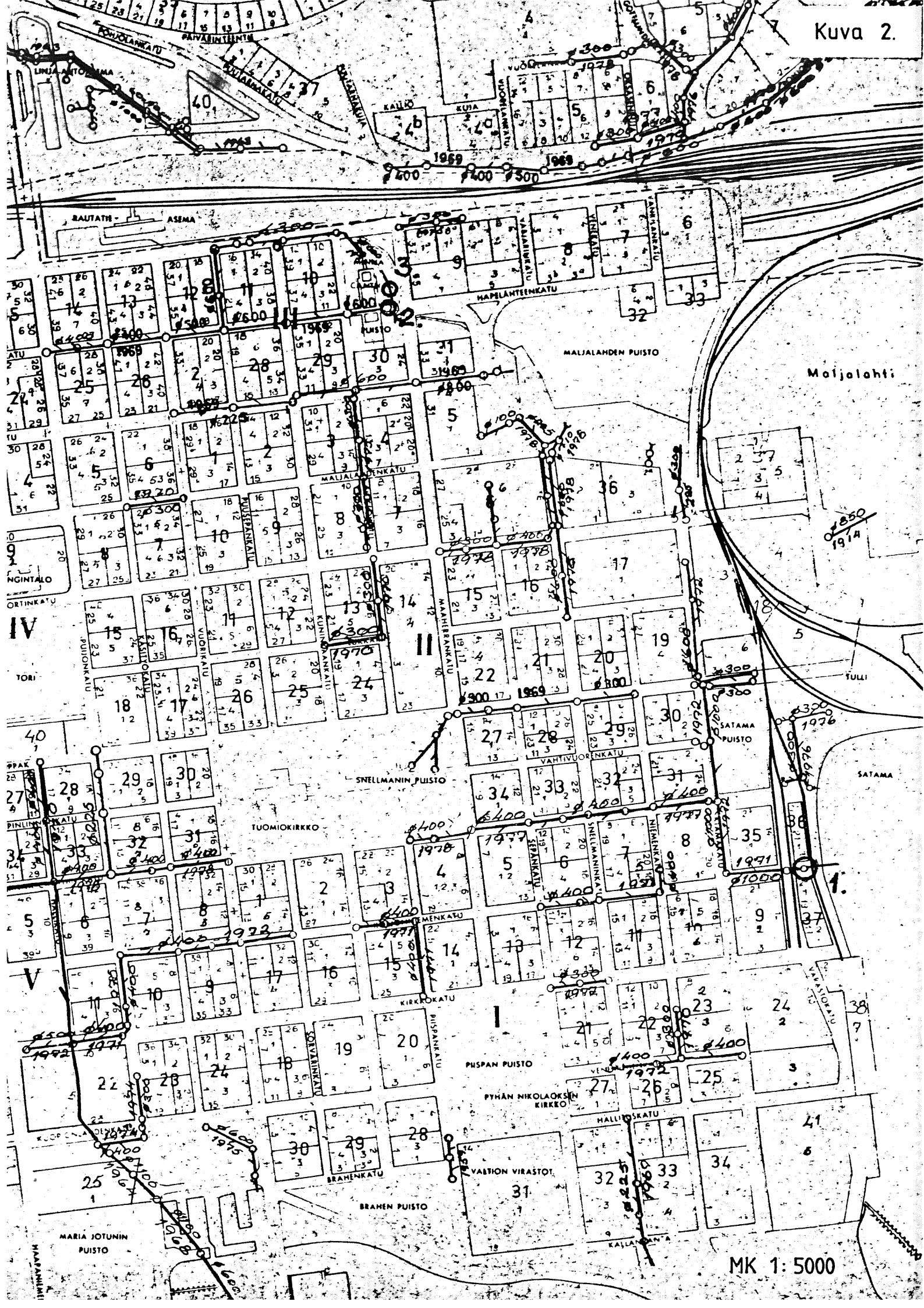
### 2.1 Havaintojakson meteorologiset tiedot

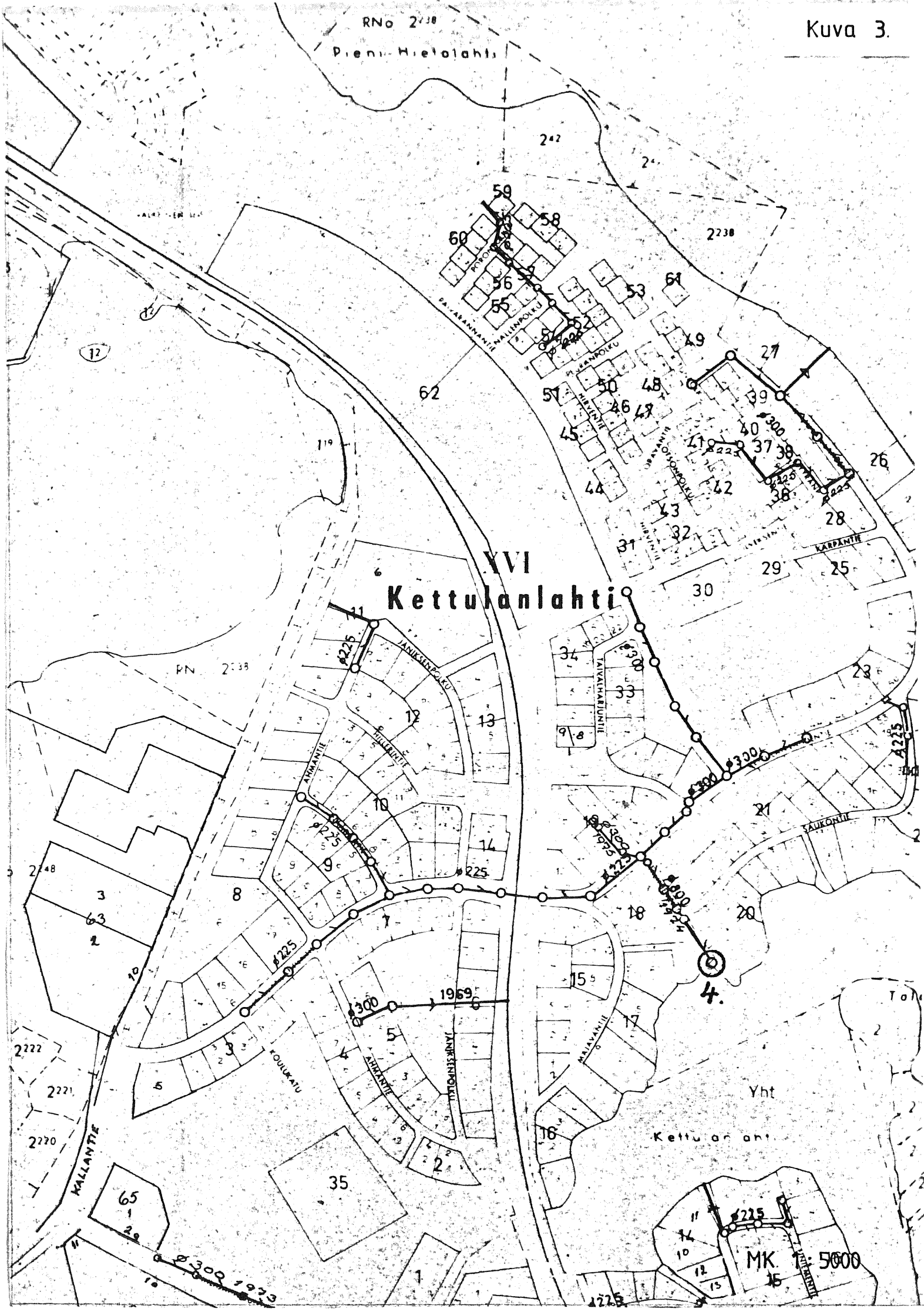
Meteorologiset tiedot on kerätty Ilmatieteen laitoksen julkaisemista kuukausikatsauksista Suomen ilmastoon vuosilta 1975 ja 1976.

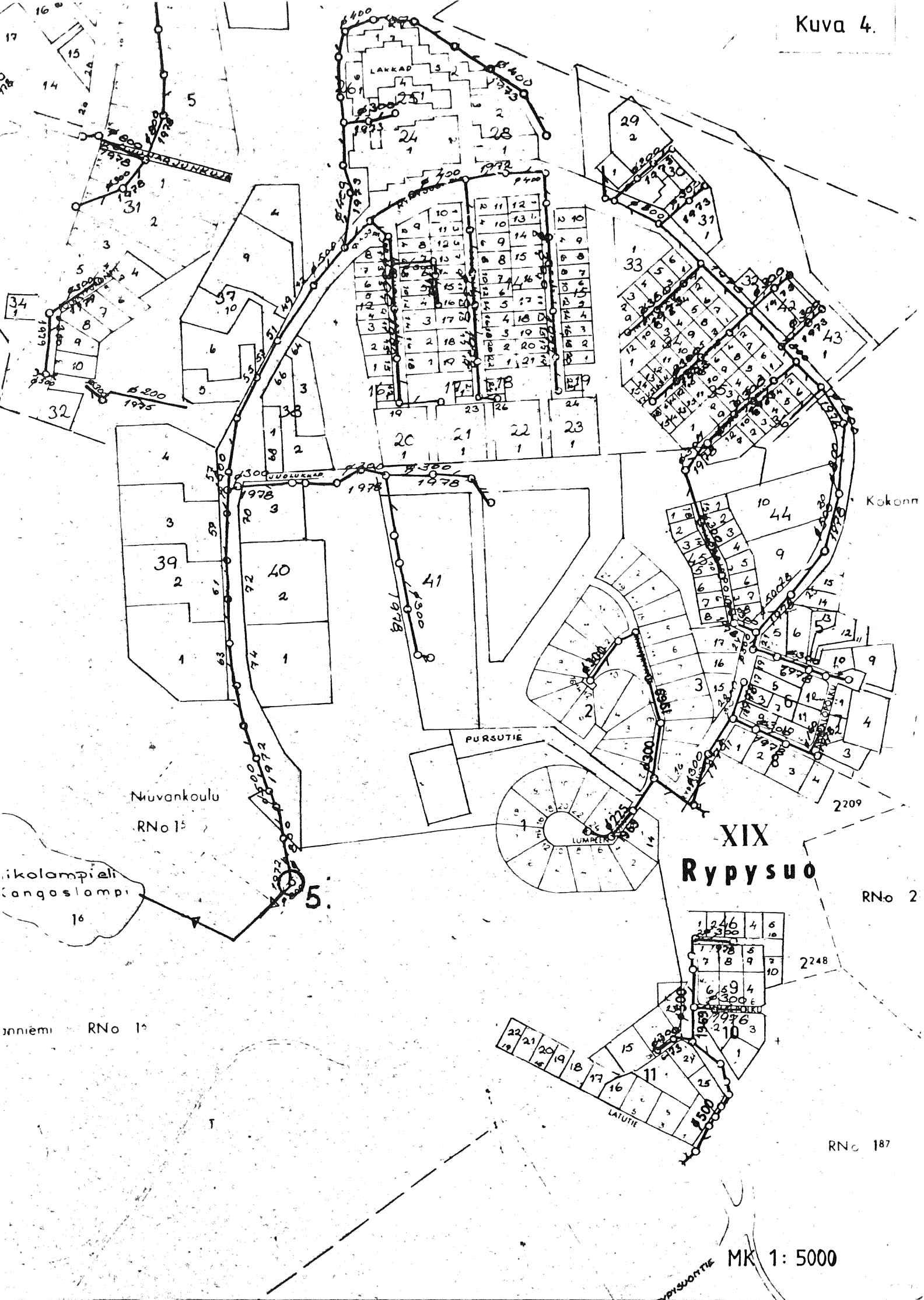












## 2.2 V e s i n ä y t t e e t

Näytteitä on otettu viisi kertaa: 6.10.1975, aamu- ja ilta-päivällä, 6.11.1975, 21.4.1976 sekä 3.6.1976. Näytteistä on analysoitu lämpötila, sameus, kiintoaine, sähkönjohtavuus, pH, kemiallinen hapentarve, kokonaistyyppi, kokonaisfosfori, sinkki, lyijy ja bakteerien määrä. Analyysit on tehty vesihallituksen käyttämien menetelmien mukaisesti.

## 2.3 M u u a l l a t e h t y j ä t u t k i m u k s i a

Selvitykseen on liitetty lyhennetyt käännökset Journal Water Pollution Centralissa julkaissuista artikkeleista "Street runoff as a source of lead pollution" ja Chloride and lead in urban snow".

## 3 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

### 3.1 H a v a i n t o j a k s o n m e t e o r o l o g i s e t t i e d o t

Meteorologiset tiedot näytteenottokuukausina esitetään taulukossa 1.

Ensimmäistä näytteenottoa edeltäneenä päivänä 5.10.1975 mitattiin lokakuun suurin sademäärä. Näytteenottopäivänä sademäärä oli lähes puolet pienempi suurimmasta sademäärästä. Lokakuun ja myös marras- ja huhtikuun sademäärän kuukausisummat olivat lähes puolta pienempiä kuin kauden 1931-1960 keskimääräiset kuukausisummat. Näytteenottopäivänä ilman lämpötila oli jonkin verran korkeampi kuin muina havaintokertoina.

Marraskuussa, jolloin otettiin vesinäytteet seuraavan kerran, oli näytteenottopäivän sademäärä pieni. Ilman lämpötila näytteenottohetkellä oli alhaisempi kuin lokakuussa. Sade marraskuun aikana tuli Ilmatieteen laitoksen kuukausikatsauksen mukaan lumena, räntänä ja osaksi myös vetenä.

TAULUKKO 1 HAVAINTOJAKSON METEOROLOGISET TIEDOT NÄYTTEENOTTOKUUKAUSINA SEKÄ LÄMPÖTILA JA SADEMÄÄRÄ NÄYTTEENOTTOPÄIVINÄ

Asema A = lentoasema kpki = kaupunki	Keski- lämpö- tila  °C	Sademäärä					Sadepäiviä			Lumen syvyys 15 pnä	
		Kuukausisumma		Suurin päivässä		keskim. 1931-60	päivä	≥ 0,1 mm	≥ 1,0 mm	lunta rakeina ≥ 0,1 mm	keskim. 1931-60
		mm	mm	mm	mm						
Lokakuu	-75										
kpki			25	57	4	5	14	8	6	-	0
A	3,5		31	54	6	29	12	9	4	-	(0)
6.10.	6,4	2,1									
Marraskuu	-75										
kpki			19	46	6	29	16	7	11	-	5
A	-1,0		20	37	4	29	21	7	16	-	(6)
6.11.	4,7	0,1									
Huhtikuu	-76										
kpki			12	34	4	6	8	4	8	15	40
A	0,7		10	26	2	5	10	4	9	20	(39)
21.4.	1,4	1,8									
Kesäkuu	-76										
kpki			99	56	33	21	18	11	0	-	
A	11,2		102	59	36	21	15	14	0	-	
3.6.	4,3	1,6									

Sulkumerkeissä ( ) olevat arvot ovat redukoituja

Vesinäytteet otettiin seuraavan kerran huhtikuussa, jolloin osa lumesta oli jo sulanut. Lunta oli tällöin vähemmän kuin aikaisempina vuosina. Näytteenottopäivänä ilman lämpötila oli hieman korkeampi kuin kuukauden keskilämpötila. Suurin sademäärä huhtikuussa yhden päivän aikana oli 6.4.1976. Näytteenottopäivänä sademäärä oli noin puolet kuukauden suurimmasta sademäärästä.

Viimeisenä havaintokuukautena kesäkuussa ilman keskilämpötila oli koko maassa noin 0,0 - 3,5 astetta alempi kuin normaali-kauden kesäkuun keskiarvo.

Sademäärän kuukausisumma oli jonkin verran suurempi kuin normaalikauden kesäkuun keskiarvo. Näytteenottopäivänä sademäärä oli lähes sama kuin edellisellä havaintokerralla.

### 3.2 V e s i n ä y t t e e t

#### 3.2.1 Lämpötila

Vesinäytteiden lämpötilat näytteenottokohdissa eri havaintokerroilla esitetään taulukossa 2.

Lämpötila näytteenottokohdissa vaihteli  $+1,4^{\circ}\text{C}$  -  $+12,3^{\circ}\text{C}$  välillä. Eri näytteenottoaikoina lämpötilat olivat lähes samaa luokkaa kaikissa havaintopisteissä. Ainoana poikkeuksena oli viimeisellä havaintokerralla otetun näytteen lämpötila Kettulanlahteen tulevassa viemärivedessä.

Satamaan tuleva viemäri näytteenottoajankohtana huhtikuussa oli kokonaan jäässä, joten vesinäytettä ei tällöin saatu.

#### 3.2.2 Sameus

Sameuden vaihtelut näytteenottokohdissa eri havaintokerroilla esitetään taulukossa 2.

Sameus vaihteli 3,4 - 520,0 FTU:n välillä. Suurimmat arvot olivat havaittavissa marraskuun havaintokerralla kaikissa

muissa näytteenottokohdissa paitsi Kettulanlahteen tulevassa viemärissä, jossa suurin arvo havaittiin aamupäivällä ensimmäisellä havaintokerralla. Tällöin myös näytteenottopäivän sademäärä oli korkein verrattuna muiden näytteenottopäivien sademäärään.

Satamaan tulevan viemärin vesi oli jokaisena havaintokertana sameampaa kuin muiden havaintopaikkojen vesi, lukuunottamatta Sikolampeen tulevan viemärin vettä marraskuun havaintokerralla. Vaihteluväli oli 130,0 - 440,0 FTU.

Näytteenottokohdan 2 Maljapuroon tulevan veden sameus oli suurin (320 FTU) marraskuun havaintokerralla. Muulloin arvot vaihtelivat 25,0 - 68,0 FTU välillä.

Maljapurossa, piste 3, vesi oli sameinta myös marraskuun havaintokerralla (180 FTU). Neljänä muuna havaintokertana sameus vaihteli 25,0 - 66,0 FTU välillä.

Näytteenottokohdassa 4 Kettulanlahteen tulevassa viemärissä vesi oli sameinta 370,0 FTU aamupäivällä lokakuun havaintokerralla. Muulloin arvot vaihtelivat 3,4 - 26,0 FTU:n välillä.

Sikolampeen tulevassa viemärissä vesi oli myös kaikkein sameinta 520,0 FTU marraskuun havaintokerralla. Aamupäivällä lokakuun havaintokerralla veden sameus oli myös lähes samaa suuruusluokkaa. Muulloin sameus vaihteli 5,6 - 39,0 FTU:n välillä.

### 3.2.3 Kiintoaine

Veden kiintoainepitoisuudet näytteenottokohdissa eri havaintokerroilla esitetään taulukossa 2.

Kiintoainepitoisuuksien pienimmät ja suurimmat arvot olivat havaittavissa samanaikaisesti kuin vastaavat arvot sameuden osalta, lukuunottamatta suurinta arvoa viemärin 1. vedessä. Sameuden osalta suurin arvo oli havaittavissa marraskuun havaintokerralla, kun taas kiintoaineen määrä oli suurin lokakuun havaintokerralla.

### 3.2.4 Sähkönjohtavuus

Veden sähkönjohtavuus näytteenottokohdissa eri havaintokerroilla esitetään taulukossa 2.

Näytteenottokohdan 1 satamaan tulevan viemärin veden sähkönjohtavuus oli pienin (6,9 mS/m) aamupäivällä lokakuun havaintokerralla otetussa näytteessä. Suurin arvo (56,5 mS/m) edellä mainitussa kohdassa oli marraskuussa.

Maljapuroon tulevassa viemärissä (2), Maljapurossa (3) ja Sikolampeen tulevassa viemärissä (5) suurimmat ja pienimmät arvot olivat havaittavissa samanaikaisesti. Suurimmat arvot havaittiin iltapäivällä lokakuun havaintokerralla otetuista näytteistä. Pienimmät arvot vastaavasti olivat havaittavissa huhtikuussa.

Näytteenottokohdan 4 Kettulanlahteen tulevan veden sähkönjohtavuus oli suurin huhtikuussa. Pienin arvo mitattiin viimeisellä havaintokerralla.

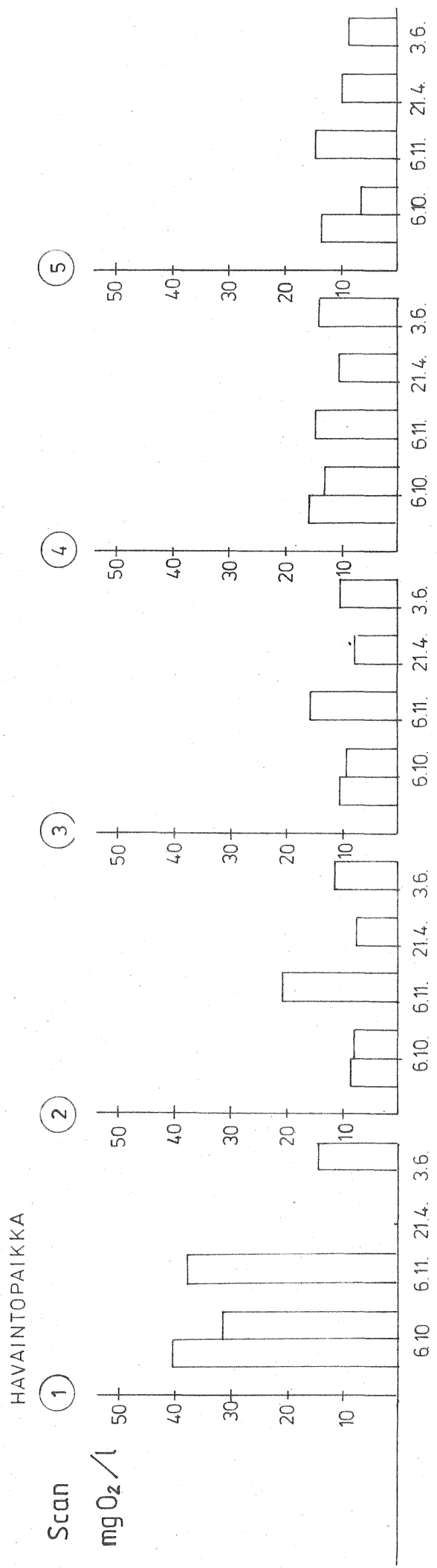
### 3.2.5 pH

Veden pH-arvot näytteenottokohdissa eri havaintokerroilla esitetään taulukossa 2.

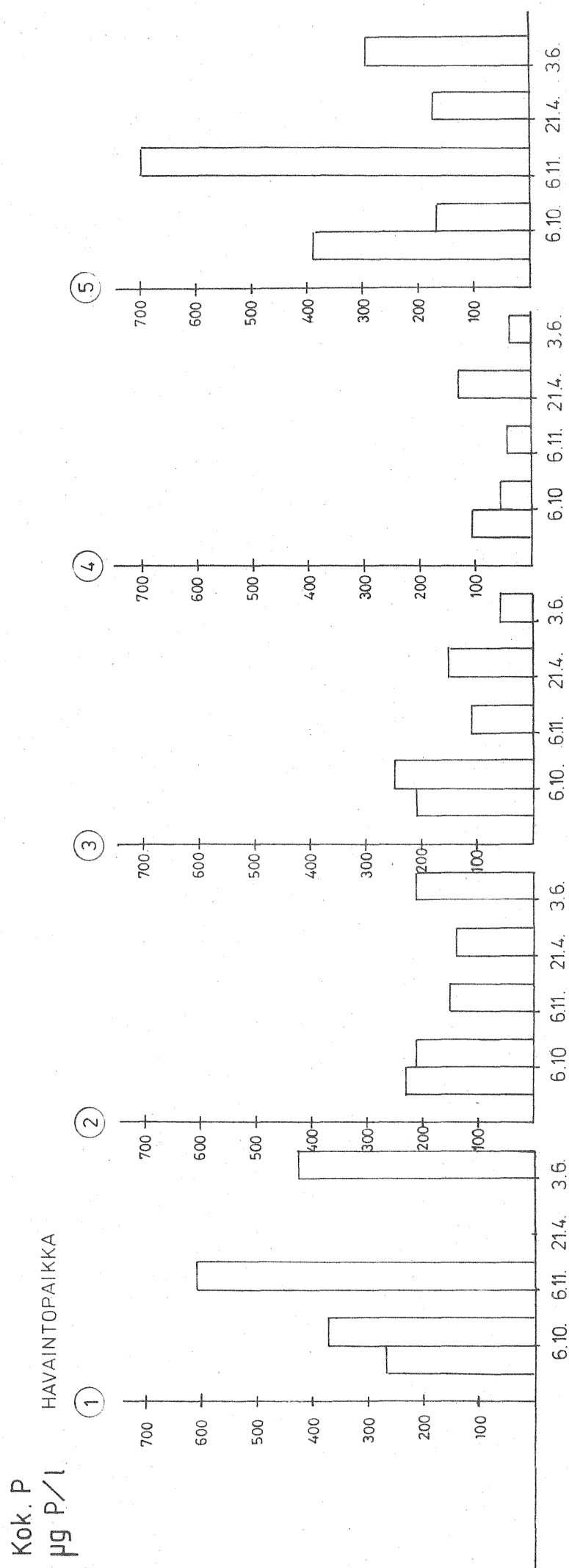
Veden happamuus vaihteli näytteenottokohdissa eri havaintokerroilla 6,8 - 7,6 välillä. Satamaan tulevan ja Sikolampeen tulevan viemärin vesien pH-arvot olivat koko havaintojaksolla lähes samaa suuruusluokkaa, mutta hieman korkeampia kuin pH-arvot Maljapuroon tulevan viemärin, Maljapuron ja Kettulanlahteen tulevan viemärin vesissä. Myös näiden havaintopaikkojen pH-arvot olivat suuruusluokaltaan lähes samoja.



Kemiallinen hapentarve näytteenottokohdissa eri havaintokerroilla



# Fosforipitoisuudet näytteenottokohdissa eri havaintokerroilla



### 3.2.6 KHT

Veden kemiallinen hapentarve näytteenottokohdissa eri havaintokerroilla esitetään taulukossa 2 ja kuvassa 5.

Kemiallinen hapentarve eri näytteenottokohdissa, lukuunottamatta satamaan tulevaa viemäriä, oli melko tasainen eri näytteenottoaikoina. Kaikissa näytteenottokohdissa marraskuun havaintokerralla kemiallinen hapenkulutus oli hieman korkeampi kuin muulloin. Satamaan tulevassa viemärissä hapenkulutus oli korkeampi kuin muissa havaintopaikoissa kaikkina näytteenottokertoina. Maksimikulutus oli havaittavissa aamupäivällä lokakuun havaintokerralla, jolloin edeltäneenä päivänä Ilmatieteen laitoksen kuukausikatsauksen mukaan mitattiin lokakuun suurin sademäärä.

### 3.2.7 Fosfori

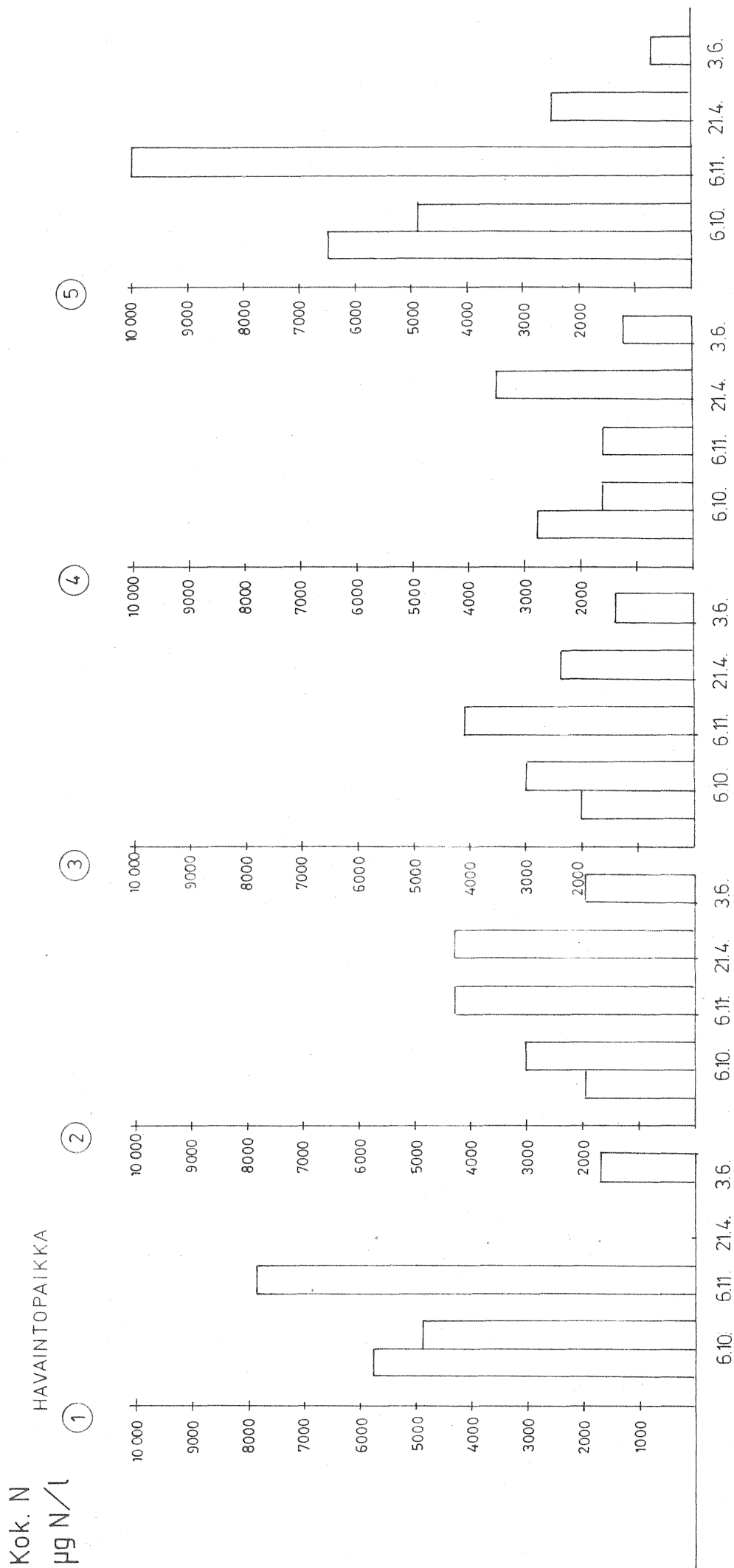
Fosforipitoisuudet näytteenottokohdissa eri havaintokerroilla esitetään taulukossa 3 ja kuvassa 6.

Fosforipitoisuuden maksimiarvo näytteenottokohdan 1 satamaan tulevan viemärin vedessä oli havaittavissa marraskuun havaintokerralla.

Havaintopaikan 2 Maljapuroon tulevan viemärin veden fosforipitoisuus oli melko tasainen kaikkina havaintokertoina.

Maljapuron, piste 3 ja Kettulanlahteen tulevan viemärin, piste 4 veden fosforipitoisuuden muutokset olivat eri havaintokertoina samansuuntaisia. Kuitenkin ensimmäisellä ja toisella havaintokerralla pisteessä 3 fosforipitoisuus oli jonkin verran suurempi kuin pisteessä 4. Pienimmät arvot molemmissa näytteenottokohdissa olivat havaittavissa viimeisellä havaintokerralla. Marraskuun havaintokerralla fosforipitoisuus oli molemmissa näytteenottokohdissa jonkin verran pienempi kuin huhtikuun havaintokerralla. Muihin havaintopaikkoihin verrattuna fosforipitoisuudet Kettulanlahteen tulevan viemärin vedessä ovat pienemmät.

# Typipitoisuudet näytteenottokohdissa eri havaintokerroilla



## TAULUKKO 2

## VESINÄYTTEIDEN ANALYYSITULOKSIA

				Sameus	Kiinto- aine	25	pH	Scan
				FTU	mg/l	mS/m		mgO <sub>2</sub> /l
f <sup>o</sup> C								
Satamaan tuleva viemäri 1.								
klo 9.15	6.10.75	12,3	390,0	767,2	6,9	7,4	40,8	
klo 13.00	6.10.75	12,3	400,0	362,0	14,8	7,4	31,5	
	6.11.75	2,5	440,0	345,4	56,5	7,4	37,6	
	21.4.76	läpi jäässä, ei vettä						
	3.6.76	6,6	130,0	156,2	20,2	7,2	14,6	
Maljapuroon tuleva viemäri 2.								
klo 9.35	6.10.75	12,1	68,0	68,2	27,7	7,1	8,5	
klo 13.15	6.10.75	12,1	37,0	26,3	32,3	7,1	8,0	
	6.11.75	3,4	320,0	349,2	31,3	7,2	21,0	
	21.4.76	2,3	25,0	22,5	23,6	7,0	7,4	
	3.6.76	6,8	62,0	67,9	28,1	7,0	11,7	
Maljapuro 3.								
klo 9.50	6.10.75	10,2	66,0	58,4	30,0	7,1	10,3	
klo 13.30	6.10.75	10,2	33,0	45,1	32,1	7,2	9,5	
	6.11.75	3,4	180,0	217,2	31,7	7,1	15,8	
	21.4.76	2,3	25,0	23,3	22,7	6,9	7,9	
	3.6.76	6,6	52,0	46,8	28,7	6,9	10,2	
Kettulanlahteen tuleva viemäri 4.								
klo 10.10	6.10.75	8,7	370,0	284,2	23,0	7,4	16,0	
klo 13.50	6.10.75	8,7	12,0	14,3	5,9	7,3	13,2	
	6.11.75	3,3	3,4	3,0	5,5	6,9	14,7	
	21.4.76	1,4	26,0	27,6	31,0	7,3	11,4	
	3.6.76	11,7	3,8	6,3	4,9	6,8	14,0	
Sikolampeen tuleva viemäri 5.								
klo 10.45	6.10.75	12,1	350,0	295,2	22,2	7,5	13,5	
klo 14.20	6.10.75	12,1	5,6	3,8	29,2	7,5	6,3	
	6.11.75	3,0	520,0	387,8	24,0	7,6	14,4	
	21.4.76	2,2	39,0	66,4	20,4	7,4	9,8	
	3.6.76	6,3	5,7	9,3	22,7	7,0	8,5	

Sikolampeen tulevan viemäriveden fosforipitoisuus oli suurin marraskuussa, jolloin mitattu pitoisuus oli myös suurin havaintojaksolla mitattu fosforipitoisuus. Pienin arvo analysoitiin iltapäivällä lokakuun havaintokerralla otetusta näytteestä.

### 3.2.8 Typpi

Typpipitoisuudet näytteenottokohdissa eri havaintokerroilla esitetään taulukossa 3 ja kuvassa 7.

Typpipitoisuuden osalta suurimmat arvot olivat havaittavissa kaikissa näytteenottokohdissa, lukuunottamatta Kettulanlahteen tulevan viemärin vettä, marraskuun havaintokerralla. Arvot olivat suuria ja vaihtelivat 3496 - 10 318 µg N/l välillä. Myös pienimmät arvot olivat havaittavissa kaikissa näytteenottopaikoissa samanaikaisesti kesäkuun havaintokerralla.

Satamaan ja Sikolampeen tulevissa viemäreissä veden typpipitoisuus lokakuussa oli jonkin verran suurempi kuin muissa näytteenottopaikoissa.

Kesäkuun havaintokerralla oli typpipitoisuus kaikissa havaintopaikoissa paitsi Kangaslampeen tulevassa viemärivedessä lähes samaa luokkaa. Kangaslampeen tulevasta viemäristä otetun näytteen typpipitoisuus oli jonkin verran pienempi.

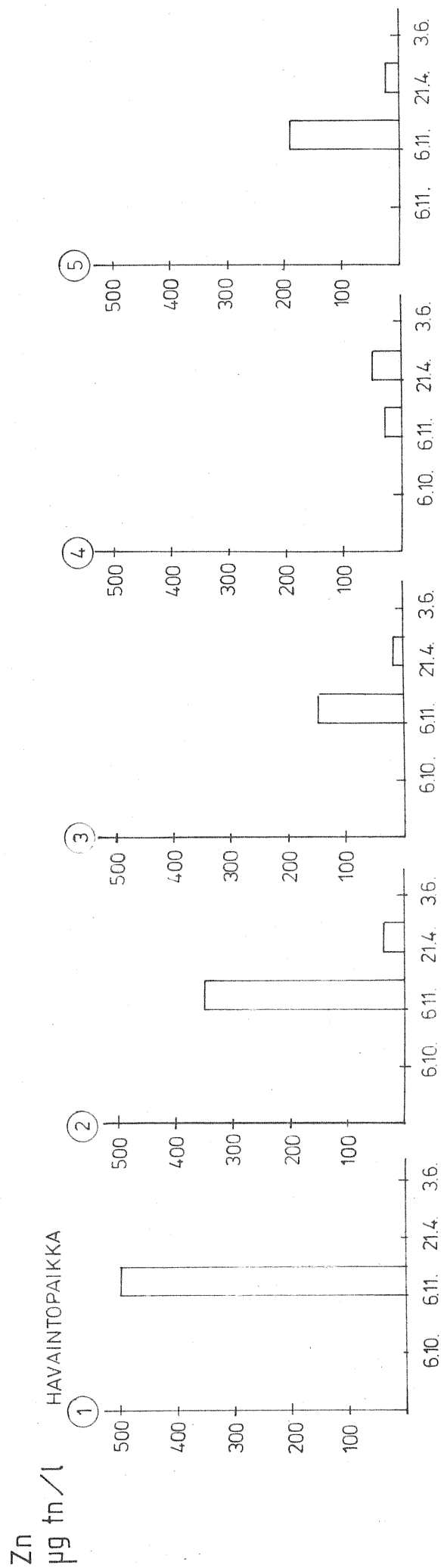
Typpi- ja fosforipitoisuuden suurimmat arvot olivat samanaikaisesti näytteenottokohdissa 1 ja 5 marraskuun havaintokerralla ja näytteenottokohdassa 4 huhtikuun havaintokerralla.

### 3.2.9 Enterokokit

Enterokokkibakteerien määrä näytteenottokohdissa eri havaintokerralla esitetään taulukossa 3.

Enterokokkibakteerien määrä laskettiin havaintojaksolla kaikista näytteenottokohdista otetuista näytteistä neljä kertaa. Bakteerien määrää ei analysoitu lainkaan huhtikuun havaintokerralla otetuista näytteistä.

# Sinkkipitoisuudet näytteenottokohdissa eri havaintokerroilla

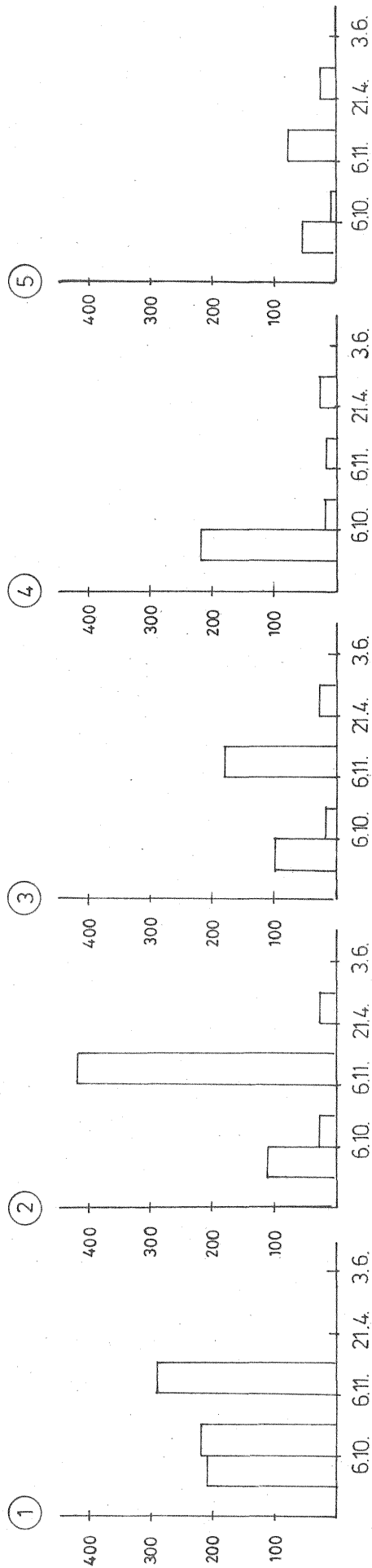


# Lyijypitoisuudet näytteenottokohdissa eri havaintokerroilla

Pb

µg Pb/l

HAVAINTOPAIKKA





Satamaan tulevan viemärin vedessä, näytteenottopaikassa 1 enterokokkien lukumäärä kaikkina havaintokertoina oli huomattavasti suurempi kuin muissa näytteenottopaikoissa. Eniten enterokokkibakteereita (35 600 kpl/100 ml) oli iltapäivällä lokakuun havaintokerralla otetussa näytteessä.

Maljapuroon tulevassa viemärissä bakteerien määrä oli lähes samaa luokkaa kaikkina havaintokertoina.

Maljapurossa enterokokkibakteerien määrä oli havaintojaksena lähes samaa luokkaa kuin edellisessä havaintopaikassa. Suurin ja pienin arvo oli samanaikaisesti kuin Maljapuroon tulevassa viemärissä.

Neljännessä havaintopaikassa, Kettulanlahteen tulevassa viemä-  
• rivedessä suurin enterokokkimäärä tavattiin aamupäivällä lokakuun havaintokerralla otetusta näytteestä. Samana päivänä iltapäivällä bakteerien määrä oli laskenut huomattavasti. Seuraavalla havaintokerralla, marraskuun havaintokerralla ei Kettulanlahdesta otetussa näytteessä ollut bakteereja lainkaan. Viimeisellä näytteenottokerralla bakteerien määrä oli myös vähäinen. Muihin näytteenottopaikkoihin verrattuna bakteerimäärä havaintojaksolla Kettulanlahteen tulevassa viemäriveredessä oli jonkin verran pienempi.

Sikolampeen tulevassa viemärin vedessä oli pienin ja suurin enterokokkibakteerien määrä samana päivänä lokakuun havaintokerralla. Suurin määrä oli aamupäivällä ja pienin bakteerimäärä iltapäivällä otetussa näytteessä.

### 3.2.10 Sinkki

Sinkkipitoisuudet näytteenottokohdissa eri havaintokerroilla esitetään taulukossa 3 ja kuvassa 8.

Sinkkipitoisuudet määritettiin näytteistä kaksi kertaa, marras- ja huhtikuun havaintokerroilla. Eniten oli sinkkiä

satamaan tulevassa viemärivedessä ensimmäisellä määrityskerralla. Kaikissa muissakin näytteenottokohdissa, lukuunottamatta Kettulanlahteen tulevaa viemäriä, oli sinkkipitoisuus suurempi ensimmäisellä määrityskerralla. Kettulanlahteen tulevan viemäriveden sinkkipitoisuus havaintojaksolla oli pienin, kun taas vastaavasti satamaan tulevan viemäriveden sinkkipitoisuus oli suurin havaintojaksolla verrattuna pitoisuuksiin muissa havaintopaikoissa.

### 3.2.11 Lyijy

Lyijypitoisuudet näytteenottokohdissa eri havaintokerroilla esitetään taulukossa 3 ja kuvassa 9.

Lyijypitoisuus määritettiin havaintojaksolla neljä kertaa: 6.11.1975 kaksi kertaa, 6.11.1975 ja 3.6.1976.

Suurimmat lyijypitoisuudet olivat kaikissa näytteenottokohdissa samanaikaisesti kuin vastaavat suurimmat arvot sameuden ja kiintoaineen osalta.

Eniten lyijyä oli Maljapuroon tulevassa viemärissä marraskuun havaintokerralla. Samanaikaisesti oli havaittavissa suurimmat arvot satamaan tulevassa viemärivedessä, Maljapurossa ja Sikolampeen tulevassa viemärivedessä. Kettulanlahteen tulevan viemärin vedessä oli lyijyä eniten aamupäivällä lokakuun havaintokerralla.

Keskimääräisesti lyijyä oli eniten koko havaintokauden aikana satamaan tulevan viemärin vedessä. Arvot eri havaintokerroilla vaihtelivat 210 - 290  $\mu\text{g Pb/l}$ . Tämä johtunee viemärin sijaitsemisesta valuma-alueella, joka käsittää kaupungin vilkasliikenteisimmän keskustan osan.

Vastaavasti vähiten lyijyä oli keskimääräisesti Kangaslampeen tulevan viemärin vedessä. Liikenteellisesti tämän viemärin valuma-alue on melko hiljainen.

			Kok. P ug P/l	Kok. N ug N/l	Enterokokit kpl/100 ml	Zn ug Zn/l	Pb ug Pb/l
Satamaan tuleva viemäri 1.							
klo 9.15	6.10.75		268	5 837	32 000	-	210
klo 13.00	6.10.75		374	4 913	35 600	-	220
	6.11.75		612	7 854	4 000	500	230
	21.4.76		-	-	-	-	-
	3.6.76		433	1 725	21 400	-	-
Maljapuroon tuleva viemäri 2.							
klo 9.35	6.10.75		230	1 940	1 900	-	110
klo 13.15	6.10.75		209	3 003	2 700	-	25
	6.11.75		150	4 389	1 500	350	420
	21.4.76		138	4 327	-	35	25
	3.6.76		212	1 940	2 700	-	-
Maljapuro 3.							
klo 9.50	6.10.75		208	2 017	1 100	-	98
klo 13.30	6.10.75		249	2 988	2 000	-	16
	6.10.75		112	4 281	1 000	145	180
	21.4.76		153	2 356	-	14	25
	3.6.76		61	1 401	2 100	-	-
Kettulanlahteen tuleva viemäri 4.							
klo 10.10	6.10.75		118	2 772	3 200	-	220
klo 13.50	6.10.75		57	1 628	400	-	18
	6.11.75		46	1 625	0	25	13
	21.4.76		132	3 496	-	47	25
	3.6.76		39	1 263	10	-	-
Sikolampeen tuleva viemäri 5.							
klo 10.45	6.10.75		392	6 530	10 700	-	54
klo 14.20	6.10.75		171	4 990	700	-	5
	6.11.75		703	10 318	2 700	190	75
	21.4.76		177	2 541	-	23	25
	3.6.76		291	739	7 100	-	-

### 3.2.12 Muualla tehtyjä tutkimuksia

Journal Water Pollution Controlissa julkaistussa artikkelissa "Street runoff as a source of lead pollution" selvitettiin tutkimusta, jonka tarkoituksena oli selvittää erään kanadalaisen joen Deep Forkin latvavesien suurta lyijypitoisuutta. Joen latvavedet sijaitsevat Oklahoman kaupungin alueella, joten lyijyasaasteen alkulähteenä on autojen polttoaineesta peräisin oleva lyijy.

Tutkimuksen mukaan lyijyn leviämismäärä Oklahomassa on noin 143 kg/d ja päivittäinen valuvan veden määrä kaduilta on  $3,175 \times 10^8$  l/d. Leviävästä lyijystä oletettavasti 50 % kerrostuu teitten varsille ja jos kaikki tämä lyijy valuu valumavesien mukana, on tämän veden keskimääräinen lyijymäärä 0,23 mg/l. Kuitenkin paikalliset määrät voivat vaihdella jopa yli 5-kertaisesti liikenteen määrän sekä muiden olosuhteiden johdosta.

Tutkimustulokset myös osoittivat keskimääräisen lyijymäärän teitten varsilla otetuissa näytteissä olevan 5,5 mg/l. Lyijymäärä pieneni etäisyyden kasvaessa tiestä.

Nämä tosiseikat osoittavat selvästi kaduilta tulevien valumavesien voivan olla tärkeä lyijyasaasteen lähde.

Journal Water Pollution Controlissa ilmestyneessä artikkelissa "Chloride and lead in urban snow" selvitetään vastaavasti amerikkalaisten tutkijoiden tutkimusta, jonka yhtenä päätavoitteena oli selvittää, onko lumen sulamisella ja lumen hävittämistavalla vaikutusta veden laatuun ja mikä on lumen ja sulamisvesien kloridi- ja lyijypitoisuus.

Analyysitulokset mm. lumen kaatopaikoilta, sadevesiviemäreistä ja jätevesipuhdistamolta osoittavat, että merkittävä osa kaupungista tulevasta lyijystä on havaittavissa matkalla jokiin, missä se sitten esiintyy etupäässä sedimentissä.

Verrattaessa lumen kaatopaikkojen valumavesien kokonaislyijymäärää kaatopaikoilla olevan lumen kokonaislyijymäärään näyttää siltä, että koska lyijy on absorboituneena hiukksiin, suurin osa lyijystä jää lumen sulassa lumikaatopaikoille. Täten kaupungeissa, missä lumi ajetaan kaduilla kaatopaikoille, lumen sulamisesta tuleva vesi kuljettaa vain pienen osan kokonaislyijykuormituksesta vesistöön, jos lumikaatopaikat sijaitsevat kaukana vesireiteiltä ja tulva-alueilta.

#### 4 TIIVISTELMÄ

Työn tarkoituksena oli vuosina 1975 ja 1976 otettujen vesinäytteiden analyysitulosten perusteella selvittää sadevesiviemäreistä tulevan veden laatua. Kuormituksen määriä ei tämän työn yhteydessä voinut selvittää virtaamatietojen puuttumisen vuoksi.

Vesinäytteenottopaikkoja oli viisi ja niistä 1. satamaan tuleva viemäri, 2. Maljapuroon tuleva viemäri ja 3. Maljapuro sijaitsevat samalla valuma-alueella. Näytteenottopaikka 4 Kettulanlahteen tuleva viemäri sijaitsee valuma-alueella, johon kuuluu Kettulanlahden ja Päivärannan asuma-alueet. Sikolampeen tuleva viemäri 5 on valuma-alueella, joka käsittää Rypysuon ja osan Niuvanniemen alueesta.

Suurimmat arvot eri näytteenottokohdissa olivat yleensä havaittavissa marraskuun havaintokerralla, poikkeuksena kuitenkin Kettulanlahteen tuleva viemäri. Sademäärä oli tänä näytteenottokertana vähäisin muihin havaintokertoihin verrattuna. Näytteenottokuukausista marraskuun keskilämpötila oli alhaisin ja sade tuli jo pääasiassa lumena. Analysoitujen eri komponenttien suuret pitoisuudet ja arvot johtuivat ilmeisesti juuri näistä sääolosuhteista. Koska edeltäneen kuivan ajanjakson aikana ainekset kerääntyivät kaduille ja teille ja kulkeutuivat sitten seuraavan, vaikkakin määrältään vähäisen sadeveden mukana pois.

Havaintojaksolla otettujen vesinäytteiden analyysitulokset osoittavat satamaan tulevan viemärin veden olevan huomattavasti likaisempaa kuin muiden havaintopaikkojen veden.

Eri vesianalyysitulosten suurimmat arvot olivat havaittavissa juuri satamaan tulevan viemärin vedestä, lukuunottamatta suurimpia arvoja kokonaisfosforin ja kokonaistypen osalta. Kokonaisfosforin ja kokonaistypen suurimmat arvot olivat havaittavissa Sikolampeen tulevan viemärin vedestä otetuista ja analysoiduista vesinäytteistä, joskin erot verrattaessa satamaan tulevan viemärin veden edellä mainittuihin pitoisuuksiin olivat melko pienet.

Havaitut lyijypitoisuuden vaihtelut eri sadevesiviemärien vedessä johtuivat ilmeisesti valuma-alueiden erilaisesta liikenteen määrästä. Muunmuassa tätä suhdetta ovat kanadalaiset ja amerikkalaiset tutkijat selvittäneet. He ovat tutkimuksissaan todenneet lyijysaasteen olevan peräisin autojen polttoaineesta ja että merkittävä osa kaupungeista tulevasta lyijystä on havaittavissa matkalla vesistöihin.

Journal Water Pollution Control  
(May 1974)  
C.D. Newton, W.W. Stephard and  
M.S. Coleman

LYHENNETTY KÄÄNNÖS ARTIKKELISTA

- STREET RUNOFF AS A SOURCE OF LEAD POLLUTION

Kesällä 1972 selvitettiin erään kanadalaisen joen Deep Forkin latvavesien suurta lyijypitoisuutta. Lyijyn alkuperää ei pystytty aluksi selvittämään, ennen kuin eräs uusi tutkimus<sup>1</sup> osoitti, että autoista peräisin oleva lyijy kerääntyy kaduille kuivien ajanjaksojen aikana ja kulkeutuu sitten valumavesien mukana pois.

Seuraavat huomiot osoittavat mahdollisuuden, että autojen polttoaineesta peräisin oleva lyijy olisi lyijysaasteen alkulähde.

Joen latvavedet sijaitsevat Oklahoman kaupungin alueella. Päivittäinen liikenne täällä alueella on noin  $2,1 \times 10^6$  km/päivässä. Keskimääräinen lyijyn leviämismäärä autoa kohti on 0,07 g/km. Täten lyijyn leviämismäärä on noin 143 kg/d.

Oklahoman kaupungin katuala on 14 432 ha ja keskimääräinen vuotuinen sadanta on 81,3 cm. Täten päivittäinen valuvan veden määrä Oklahoman kaduilta on  $3,175 \times 10^8$  l/d.

Olettaen, että leviävästä lyijystä 50 % kerrostuu teitten varsille ja kaikki tämä lyijy valuu valumavesien mukana, on tämän veden keskimääräinen lyijymäärä 0,23 mg/l. Tämä on teoreettinen ja laskelmallinen arvo, joka on riippumaton valuma-aikana vallalla olevista erityisistä olosuhteista. Sen käytön ehtona on kuitenkin, että näytteenottoa edeltävänä aikana vuorokauden sademäärä on suunnilleen keskimääräinen. Oklahoman kaupungin alueella keskimääräinen päivittäinen sadanta on 0,223 cm/d.

Vaikka teoreettinen arvo 0,23 mg/l ei olisi tarkka, se on silti merkittävä. Paikalliset määrät voivat vaihdella jopa yli 5-kertaisesti liikenteen määrän sekä muiden olosuhteiden johdosta.

Tutkimustulokset osoittivat, että keskimääräinen lyijymäärä teitten varsilta otetuissa näytteissä oli 5,5 mg/l, vaihdellen 3,6 - 8,6 mg/l. Lyijymäärä pieneni etäisyyden kasvaessa tiestä. Alhaisin lyijymäärä 0,09 mg/l havaittiin näytteessä, joka otettiin avonaiselta kolmelta puolen raskaasti liikennöityjen katujen ympäröimältä pellolta.

Verrattaessa kokeellisia arvoja teoreettisiin, on tarpeellista huomioda, että teoreettinen arvo perustuu keskimääräiseen sadantaan. Vastaava kokonaissademäärä kokeen aikana oli 1,0 cm/d. Aikaisemmasta valunnasta kokeiden ottoaikaan kului kahdeksan päivää. Täten keskimääräinen päivittäinen sademäärä oli 0,13 cm/d.

Nämä tosiseikat osoittavat selvästi suuren määrän lyijystä kulkeutuvan kaduilta valumavesien mukana. Itseasiassa määrien havaittiin olevan korkeampia kuin oli odotettu. Yhtenä syynä näin suuriin määriin on, että näytteenottoalueen paikkojen valinta sattui alueelle, missä on vilkas liikenne. Toinen mahdollisuus on, että edellisen sateen aikana kaikki lyijy ei huuhtoutunut katojen pinnalta. Toisaalta liikenteen määrä oli alhaisempi kuin normaalisti kylmästä säästä johtuen. Täten oikea arvo saattaisi olla korkeampi kuin havaittu arvo. Voidaan olettaa, että paikallisten alueiden välillä on suuria vaihteluja, jotka johtuvat liikenteen määrästä, liikennetyypistä ja ajoneuvojen nopeudesta.

Sekä teoreettiset, että kokeelliset arvot ovat tarpeeksi suuria osoittamaan kaduilta tulevien valumavesien voivan olla tärkeä lyijyasteen lähde.

#### References

- 1."Cycling and Control of Metals." Proc. of Environ. Resources Conf., EPA, Washington, D.C. (1973).



Journal Water Pollution Control  
(April 1974)  
G. Oliver, J.B. Milne and  
N. LaBarre

LYHENNETTY KÄÄNNÖS ARTIKKELISTA

- CHLORIDE AND LEAD IN URBAN SNOW

Lyijyn esiintyminen maaperässä ja kasveissa<sup>3,4</sup> teiden varsilla, teollisuusalueilla<sup>5</sup> sekä kaupunkien ilmassa<sup>6</sup> on vakava saastumisuhka<sup>1,2</sup>. Grönlannissa lumen lyijypitoisuuden valtava nousu osoittaa lyijysaasteen olevan yleismaailmallinen ongelma<sup>7</sup>. Lyijy ja kloridit voivat olla haitallisia myös vesiympäristössä. Lyijy voi kulkeutua ravintoketjun läpi<sup>9</sup> ja kerääntyä kaloihin<sup>8</sup>, jolloin vesistöjen kasvavat lyijymäärät<sup>10</sup> voivat olla uhkana yleiselle terveydelle.

Ottawassa talvella ja keväällä 1972 suoritetussa tutkimuksessa, jonka tarkoituksena oli selvittää lumen ja valumavesien kloridi- ja lyijypitoisuuksia sekä lumen sulamisen ja hävittämistapojen vaikutusta vesistöjen veden laatuun, kerättiin luminäytteet viikottain 11 lumikaatopaikalta ja tietyin aikaväleihin ympäri kaupunkia olevista näytteenottopisteistä katujen ja valtateitten varsilta. Näytteitä otettiin myös viikoittain Ottawan sadevesiviemäreistä ja päivittäin ajanjaksolla 21.1. - 24.3.1972 jätevesipuhdistamolta. Luminäytteet sulatettiin huoneenlämmössä ja suodatettiin. Suodatetusta näytteestä analysoitiin kloridi- ja lyijy ja suodatuspaperille kerääntyneestä aineksesta analysoitiin lyijy.

Ottawan kaupungin ja sen lähiöiden asukasluku on 500 000 ja joka päivä noin 160 000 ajoneuvoa saapuu kaupungin keskustaan. Talven aikana käytettiin suolausta pitämään tiet puhtaana lumesta. Lunta myös kerättiin ja kuljetettiin lumikaatopaikoille, joista monet sijaitsivat aikaisemmin vesistöjen rannoilla. Lunta jopa ajettiin suoraan vesistöihin.

Lyijyn esiintyminen lumessa ja Ottawan kaupungin valumavesissä esitetään taulukossa 2.

TAULUKKO 2

Havaintopaikka	Näytteiden lukumäärä	Keskimääräinen lyijymäärä (mg/l)			Lyijymäärien vaihtelu	
		Suodoksessa	Kiintoaineessa	Koko näytteessä		
Lumen kaatopaikat	149	0,052	555	4,8	0,02	- 50
Päätie	3	0,060	3,287	102	86	- 113
Kauppakatu	41	0,042	822	3,7	0,02	- 11,3
Teollisuusalueen katu	6	0,048	935	4,7	0,06	- 14,3
Asuma-alueen katu	9	0,014	1,228	2,0	0,12	- 10,2
Katoilta otetut näytteet	7	0,041	-	0,10	0,02	- 0,25
Lumikaatopaikan valumavesi	39	0,009	1,322	0,11	0,004	- 0,51
Sadevesiviemäri	50	0,007	1,791	0,13	0,002	- 1,19
Käsittelemätön jätevesi	5	0,026	479	0,09	0,05	- 0,16
Käsitelty jätevesi	13	0,027	448	0,06	0,003	- 0,14
Joki	8	0,006	69 <sup>*</sup>	0,03 <sup>x</sup>	0,004	- 0,046

\* Pohjasedimentin pitoisuus

x Arvioitu

Lyijymäärät lumessa kaupungin kaduilla ovat suhteessa liikenteen määrään. Keskimäärin lyijyä on lumessa lumenkaatopaikoilla 4,8 mg/l. Kuitenkin lyijymäärät kaupungin 11 lumenkaatopaikalla olivat erilaisia, koska lumi kaatopaikoille oli kerätty liikennetiheydeltään erilaisilta kaduilta. Lumi kaupungin talojen katoilla 99 m ja 6 m korkeudella sisälsi lyijyä 0,02 - 0,25 mg/l. Siispä kaduilla ja lumenkaatopaikoilla olevan lumen sisältämän lyijyn täytyy olla lähtöisin ajoneuvoista. Tämä ei ole ihme, sillä bensiini sisältää lyijyä 0,4 - 0,95 mg/l tetrametyyli- tai tetraetyylimuodossa.

Analyysitulokset suodatetusta näytteestä ja suodatuspaperille jääneestä näytteestä osoittavat (Taulukko 2), että huolimatta suodatuspaperille jääneen aineksen lyijyn suuremmasta määrästä, suodatetun näytteen lyijyn määrä on alhainen. Korkein lyijymäärä suodatetussa näytteessä oli 0,21 mg/l ja korkein lyijymäärä sakassa oli 4 330 mg/l. Kaduilta ja lumen kaatopaikoilta otettujen näytteiden kokonaispitoisuudesta 1 % on suodatetussa näytteessä. Jatkotutkimuksissa selvitettäessä lyijyn esiintymistä lumikiukkasissa jaettiin näyte eri kokoisiin hiukkasryhmiin.

Tulokset osoittavat suurimman osan lyijystä olevan sitoutuneena pieniin hiukkasiin, missä pinta-ala absorptiolle ja/tai kemialliselle reaktiolle on paljon suurempi.

Analyysitulokset lumen kaatopaikoilta, sadevesiviemäreistä ja jätevesipuhdistamolta osoittavat (Taulukko 2), että suurin määrä lyijystä on liettyneenä maaperässä. Lyijymäärät näissä näytteissä osoittavat, että merkittävä osa kaupungista tulevasta lyijystä on havaittavissa matkalla jokiin, missä se esiintyy etupäässä sedimentissä. Verrattaessa lumen kaatopaikojen valumavesien kokonaislyijymäärää (0,11 mg/l) kaatopaikoilla olevan lumen lyijymäärään (4,8 mg/l), näyttää siltä, että koska lyijy on absorboituneena hiukkasiin, suurin osa lyijystä jää lumen sulamispaikoille. Täten kaupungeissa, missä lumi ajetaan kaduilta kaatopaikoille, lumen sulamisesta tuleva vesi kuljettaa vain pienen osan kokonaislyijykuormituksesta vesistöön jos lumikaatopaikat sijaitsevat kaukana vesireiteiltä ja tulva-alueilta.

Ottawassa kerättiin talvella 1971-1972 lähes  $1,02 \times 10^9$  kg lunta lumen kaatopaikoille ja tämä lukumäärä sisälsi 4 900 kg lyijyä. Jos kaikki tämä lumi olisi kerätty suoraan vesireit-tien välittömään läheisyyteen, olisi 4,9 tn ylimäärästä lyijyä päässyt jokiin. Kun Ottawassa lumen kaatopaikat sijait-sevat yli 30 m etäisyydellä joista, kuten Ontarion ympäristö-ministeriön suositus edellyttää oli vesistöihin menevä alueen lyijymäärä vähentynyt noin 2 % ylläolevasta arvosta. Loput lyijystä, joka on lumessa, jää kaatopaikalle.

Taulukossa 5 esitetään tulokset kaupungin erään lumikaatopai-kan maaperän lyijypitoisuudet maakerroksen eri syvyyksissä lumen sulamisen jälkeen.

TAULUKKO 5

Syvyys	Kokonaislyijymäärä (mg/l)
0 - 5	237
5 - 10	163
10 - 15	142
15 - 20	126
20 - 25	126
25 - 30	51
30 - 35	72
35 - 40	56
40 - 45	36
45 - 50	22
50 - 55	85
55 - 60	41
Vertailunäyte	21

Näyttää siltä, että lyijymäärä on 10 kertaa suurempi kuin nor-maali maaperän lyijypitoisuus (21 mg/l). Tulokset osoittivat, että lähes 7 300 kg lyijystä purkaantui sadevesiviemäreistä ja 4 100 kg lyijystä purkaantui jätevesipuhdistamolta ao. vuonna Ottawassa.

Täten on ilmeistä, että lyijymäärän vähenemiseen 30 % vesistöissä vaikutti lumikaatopaikkojen paikan muutos. Myös, koska suurin osa sadevesiviemäreistä ja jätevesipuhdistamoilta tulevasta lyijystä absorboituu maaperän lietteeseen, voitaisiin edelleen jokiin purkautuneen lyijymäärän väheneminen toteuttaa käyttämällä parempia saostus- ja laskeutusaltaita.

Rideau-joen sedimentin lyijymäärästä tehtiin tutkimus myöhään keväällä 1972, jolloin tutkittiin esiintyisikö joen sedimentissä lyijyasaastetta, kuten tulokset lumenkaatopaikoilta osoittivat. Oliver ja Kindrade<sup>11</sup> selvittivät Rideau-joen sedimentin lyijypitoisuudet kesällä 1971 ja havaitsivat sedimentin suuren lyijypitoisuuden (336 - 1344 mg/l) alueella, missä lumi ajettiin suoraan jokeen. Alueella, missä lunta ei vastaavasti ajettu suoraan jokeen, havaittiin sedimentin lyijymäärän olevan huomattavasti alhaisemman (183 mg/l). Tämäkin määrä on vielä keskimääräisen lyijypitoisuuden (61 mg/l) yläpuolella. Sedimentin lyijypitoisuus oli myös korkeampi joidenkin sadevesiviemärien ja tehtaiden jätevesipurkuputkien suulla. Selvä korrelaatio korkeiden lyijypitoisuuksien ja vesistöjen lähelle perustettujen lumikaatopaikkojen välillä oli havaittavissa. Kuitenkaan tulokset tässä katsauksessa eivät osoittaneet vaarallisen suuria paikallisia lyijypitoisuuksia, vaikka onkin mahdollista, että lyijymäärä Rideau-joessa nousee.

## REFERENCES

1. Bryce-Smith, D., "Behavioural Effects of Lead and Other Heavy Metal Pollutants."  
Chem. Brit., 8, 240 (1972)
2. Patterson, C., "Lead." In "Impingement of Man on the Oceans." D.W. Hood (Ed), Wiley-Interscience, New York, N.Y., 245 (1971)
3. Motto, H.L., et al., "Lead in Soils and Plants: Its Relationship to Traffic Volume and Proximity to Highways." Environ. Sci. Technol., 4, 231 (1970)
4. Smith, W.H. "Lead and Mercury Burden of Urban Woody Plants." Science, 176, 1237 (1972).
5. John, M.K., "Lead Contamination of Some Agricultural Soils in Western Canada." Environ. Sci. Technol., 5, 1199 (1971)
6. Chow, T.J. and Earl, J.L., "Lead Aerosols in the Atmosphere; Increasing Soncentrations." Science, 169, 577 (1970)
7. Murozumi, M. et al., "Chemical Concentrations of Pollutant Lead Aerosols, Terrestrial Dusts and Sea Salts in Greenland and Antarctic Snow Strata." Geochim. Cosmochim. Acta., 33, 1247 (1960)
8. Aronson, A.L., "Biologic Effects of Lead in Fish" Jour. Wash. Acad. Sci., 61, 124 (1971)
9. Tornabene, T.G., and Edwards, H.W. "Mikrobial Uptake of Lead." Science, 176, 1334 (1972)
10. Ettinger, M.B., "Lead in Drinking Water." Symposium on Environmental Lead Contamination, U.S. Pub. Health Serv. No. 1440, 21 (1966)
11. Oliver. B.G., and Kinrade, J., "Heavy Matal Concentrations in Ottawa River and Rideau River Sediments." Inland Waters Branch, Dept. of the Environment, Ottawa, Ont., Can., Scientific Ser. No 14 (1972)



